

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 J 31/12  
29/86  
31/15H 0 1 J 31/12  
29/86  
31/15C  
Z  
F

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号

特願平8-346302

(22) 出願日

平成 8 年(1996)12月25日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 中村 尚人

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72) 発明者 光武 英明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72) 発明者 鱈 英俊

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

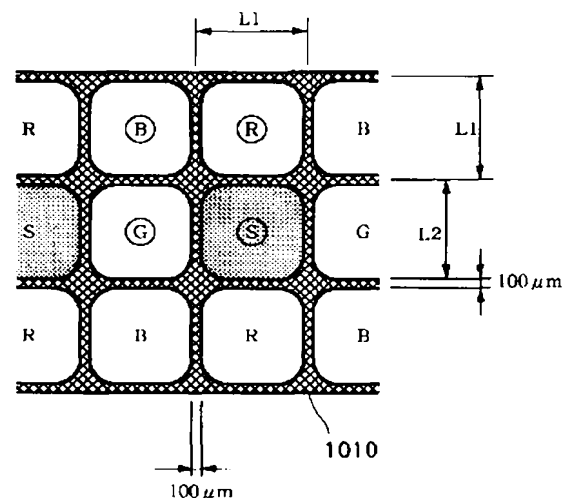
(74) 代理人 弁理士 大塚 康徳 (外1名)

(54) 【発明の名称】 画像表示方法とその装置

(57) 【要約】

【課題】 スペーサを有する平面型の画像表示装置において、電子放出素子を高密度に安価に実装可能で、高品質の画像を表示することのできる画像表示方法とその装置を提供する。

【解決手段】 直交する行列方向において画素が隣接する2行2列にR、G、B蛍光体と該蛍光体と同形状の非発光部(S)とを備え、これらで1画素を構成する。そして、それがXY方向に多数連続することで画像表示面を形成する。スペーサは、ストライプ状のR、G、B蛍光体を区分しているブラックストライプに隠れるように設置する。



R: 赤色蛍光体  
G: 緑色蛍光体  
B: 青色蛍光体

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に複数の冷陰極電子放出素子を備える電子源と、

前記基板に対向して配置され、前記複数の冷陰極電子放出素子から放出された電子の照射を受けて発光し画像を形成する複数色の蛍光体が内面に塗布された画像表示面を有するフェースプレートと、

前記基板と前記フェースプレートとの間隔を所定の距離に保持するための複数のスペーサとを備える画像表示装置であって、

前記画像表示面は、各色ごとに区分された複数色の蛍光体が成す蛍光体配列が、画像表示面水平方向に沿った行に対し、列が格子状に直交しているか、あるいは斜めに交差するように構成し、

前記蛍光体配列のそれぞれ隣接する2行2列に、3色の蛍光体と前記スペーサを当接する領域を一組として配置し、前記一組をカラー画像表示の最小単位画素とすることを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】 前記複数色の蛍光体は、R（赤）、G（緑）、B（青）の蛍光体であることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項3】 前記スペーサが当接する領域を挟んで隣合う蛍光体に電子を照射するための前記電子放出素子への電圧印加方向は反転していることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項4】 前記冷陰極電子放出素子は、表面伝導型電子放出素子であることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項5】 前記スペーサを当接する領域は、黒色部材を備えることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項6】 基板上に複数の冷陰極電子放出素子を備える電子源と、

前記基板に対向して配置され、前記複数の冷陰極電子放出素子から放出された電子の照射を受けて発光し画像を形成する複数色の蛍光体が内面に塗布された画像表示面を有するフェースプレートと、前記基板と前記フェースプレートとの間隔を所定の距離に保持するための複数のスペーサとを備える画像表示装置における画像表示方法であって、

前記画像表示面は、各色ごとに区分された複数色の蛍光体が成す蛍光体配列が、画像表示面水平方向に沿った行に対し、列が格子状に直交しているか、あるいは斜めに交差するように構成し、前記蛍光体配列のそれぞれ隣接する2行2列に、3色の蛍光体と前記スペーサを当接する領域を一組として配置し、前記一組をカラー画像表示の最小単位画素とすることを特徴とする画像表示方法。

【請求項7】 前記複数色の蛍光体は、R（赤）、G（緑）、B（青）の蛍光体であることを特徴とする請求項6に記載の画像表示方法。

【請求項8】 前記スペーサが当接する領域を挟んで隣合う蛍光体に電子を照射するための前記電子放出素子への電圧印加方向は反転していることを特徴とする請求項6に記載の画像表示方法。

【請求項9】 前記冷陰極電子放出素子は、表面伝導型電子放出素子であることを特徴とする請求項6に記載の画像表示方法。

【請求項10】 前記スペーサを当接する領域は、黒色部材を備えることを特徴とする請求項6に記載の画像表示方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像表示方法とその装置、特に、表面伝導型電子放出素子を多数個備える平面型の画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、冷陰極電子放出素子を用いた平面型の画像表示装置として、図1の断面を示すような装置が知られている（特開平2-299136号公報）。

【0003】この画像表示装置は、表面伝導型電子放出素子と呼ばれる冷陰極放出素子を用いたもので、基板3001上に電子放出素子3005（電極3002、3003と該電極間に形成された電子放出部3004からなる）が作製され、該基板3001と対向して配置されるフェースプレート3010は、ガラス板3007の内面に蛍光面3008が形成されている。蛍光面3008は、カラー画像形成装置では通常図2に示すようなブラックストライプなどと呼ばれる黒色伝導材3011と蛍光体3012がガラス板3007上にパターンニングされた後、ブラックストライプ3011と蛍光体3012の両者を覆うようにメタルバック3009が形成されて、構成される。

【0004】ブラックストライプが設けられる目的は、カラー蛍光面で必要となる三原色蛍光体の、各蛍光体3012間の塗り分け部を黒くすることで混色等を目立たなくすることと、蛍光面3008で外光を反射することにより生じるコントラストの低下を防ぐことなどである。

【0005】また、メタルバック3009の目的は、比抵抗が、一般に、 $10^{10} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ と高い蛍光体3012に電荷（電子）が溜まり電位が低下することを防ぎ、電子ビーム加速用の電圧を印加するための電極として作用すること、蛍光体の発光のうち装置内側への光を鏡面反射することにより輝度を向上させること、負イオンの衝突によるダメージからの蛍光体3012の保護等があり、上記目的に適した材料として通常Alが用いられる。

【0006】メタルバック3009は、ブラックストライプ3011と蛍光体3012のパターン形成後、フィリミングと呼ばれる処理（有機膜をブラックストライプ

10

40

50

3011と蛍光体3012上に塗布する)の後、A1の真空装着で形成され、その後有機フィルムの焼成除去によって完成するが、メタルバック処理後の蛍光面3008、特に、メタルバック3009の強度は指で擦るとはがれる程度に弱い。

【0007】また、電子放出素子3005が形成された基板3001とフェースプレート3010を、大気から受ける圧力に対してほぼ一定の間隔に保つために、耐気圧スペーサ3006が複数個配置されている。

【0008】また、本発明者等は、平面型の画像表示装置において、スペーサと、フェースプレートとの接合方法について提案している。図3と図4に代表的な図を示し、説明する。

【0009】図4の断面を示したフェースプレートにおいて、スペーサ接合部3013に当たるメタルバック3009は、作製時に、メタルマスク法等の適当な方法でパターニングされており、ブラックストライプ3011が露出している部分が形成されている。

【0010】図3に示すように、ブラックストライプ3011は線状なので、スペーサ接合部もブラックストライプ3011に沿って、線状に形成される。また、スペーサ3006(図4)も、ブラックストライプ3011と重なり目立たないようにするため、薄板状のガラスから成る。

【0011】スペーサ3006の固定は、該線状のスペーサ接合部3013に沿ってフリットガラス3014をディスペンサー等にて塗布し、ガラス板から成るスペーサ3006を位置合わせ後、410℃にて10分以上焼成することにより、固定する。

【0012】次に、スプレー法等により、メタルバック3009とスペーサ3006の側壁面が電氣的に接続されるよう、導電層3015を形成した。

【0013】以上により、スペーサとフェースプレートとの接合部において、位置ずれが起きず、蛍光面やメタルバックが損傷を受けないので、画像形成面が損傷したり、メタルバックがはがれることがなく、放電等を発生しにくくすることができた。また、スペーサ3006の壁面に電子やイオン等の不測の電荷が滞ることがないよう、スペーサ3006がスペーサ基材3017の表面に半導電性膜3016を形成して構成される場合は特に、スペーサ3006とフェースプレート内面のメタルバック3009との電氣的接続が連続しているため、電場が滑らかに変化し、電子ビームの起動が安定した。

【0014】ここで、電子放出素子3005として用いた表面伝導型電子放出素子は、熱陰極素子に対して冷陰極素子と呼ばれる電子放出素子の一つである。このうち冷陰極素子としては、たとえば電界放出型素子(以下FE型と記す)や、金属/絶縁層/金属型放出素子(以下MIM型と記す)や、表面伝導型放出素子などが知られている。

【0015】FE型の例としては、たとえば、W.P.Dyke & W.W.Dolan, "Field emission", Advance in Electron Physics, 8, 89(1956)や、あるいは、C.A.Spindt, "Physical properties of thin-film field emission cathodes with molybdenum cones", J.Appl.Phys., 47, 5248(1976)などが知られている。

【0016】また、MIM型の例としては、たとえば、C.A.Mead, "Operation of tunnel-emission Devices", J.Appl.Phys., 32, 646(1961)などが知られている。

【0017】また、表面伝導型放出素子としては、たとえば、M.L.Elinson, Radio Eng. Electron Phys., 10, 1290, (1965)や、後述する他の例が知られている。

【0018】表面伝導型放出素子は、基板上に形成された小面積の薄膜に、膜面に平行に電流を流すことにより電子放出が生ずる現象を利用するものである。この表面伝導型放出素子としては、前記エリンソン等によるSnO<sub>2</sub>薄膜を用いたものの他に、Au薄膜によるもの[G.Dittmer: "Thin Solid Films", 9, 317(1972)]や、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SnO<sub>2</sub>薄膜によるもの[M.Hartwell and C.G.Fonstad: "IEEE Trans. ED Conf.", 519(1975)]や、カーボン薄膜によるもの[荒木久 他: 真空, 第26巻, 第1号, 22(1983)]等が報告されている。

【0019】これらの表面伝導型放出素子の素子構成の典型的な例として、図5に前述のM.Hartwellらによる素子の平面図を示す。同図において、3020は基板で、3021はスパッタで形成された金属酸化物よりなる導電性薄膜である。導電性薄膜3021は図示のようにH字形の平面形状に形成されている。該導電性薄膜3021に後述の通電フォーミングと呼ばれる通電処理を施すことにより、電子放出部3022が形成される。図中の間隔Lは、0.5~1[mm], Wは、0.1[mm]で設定されている。尚、図示の便宜から、電子放出部3022は導電性薄膜3021の中央に矩形状で示したが、これは模式的なものであり、実際の電子放出部の位置や形状を忠実に表現しているわけではない。

【0020】M.Hartwellらによる素子をはじめとして、上述の表面伝導型放出素子においては、電子放出を行う前に導電性薄膜3021に通電フォーミングと呼ばれる通電処理を施すことにより電子放出部3022を形成するのが一般的であった。すなわち、通電フォーミングとは、前記導電性薄膜3021の両端に一定の直流電圧、もしくは、例えば1V/分程度の非常にゆっくりとしたレートで昇圧する直流電圧を印加して通電し、導電性薄膜3021を局所的に破壊もしくは変形もしくは変質せしめ、電氣的に高抵抗な状態の電子放出部3022を形成することである。

【0021】尚、局所的に破壊もしくは変形もしくは変質した導電性薄膜3021の一部には、亀裂が発生する。前記通電フォーミング後に導電性薄膜3021に適宜の電圧を印加した場合には、前記亀裂付近において電

子放出が行われる。

#### 【0022】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例においては、CRT等にて良く用いられるストライプ状の蛍光面（蛍光体、及び、ブラックストライプからなる）形状を用いていたため、蛍光面自体の作製は容易で、かつ、単位面積当たりの蛍光体面積（以降、蛍光体面積率と呼ぶ）を大きくできるが、電子源が作製された基板と蛍光面が作製されたフェースプレートが平面状で対向して配置され、該対向する距離を大気圧に抗して保持できるようなスペーサを有する平面型の画像表示装置においては、スペーサを画像表示面内に目立たなくするために、該ブラックストライプと重ね合わせる必要があり、その位置合わせの精度は高いものが要求され、装置の作製を困難としていた。

【0023】また、位置合わせ余裕を大きくするためには、少なくともスペーサが当接する部分のブラックストライプ幅を広くする必要があるが、部分的にブラックストライプの幅を変えると画面上非常に目立つため、スペーサを設置するブラックストライプ部は全体的に幅を広くする必要があり、結局、装置全体の作製余裕を考慮すると蛍光体面積率もあまり大きくできないため、高輝度化に不利となる等の問題があった。

【0024】本発明は、上記従来例に鑑みてなされたもので、スペーサを有する平面型の画像表示装置において、電子放出素子を高密度に安価に実装可能で、高品質の画像を表示することのできる画像表示方法とその装置を提供することを目的とする。

#### 【0025】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の画像表示方法とその装置は、以下の構成を備える。即ち、基板上に複数の冷陰極電子放出素子を備える電子源と、前記基板に対向して配置され、前記複数の冷陰極電子放出素子から放出された電子の照射を受けて発光し画像を形成する複数の色の蛍光体が内面に塗布された画像表示面を有するフェースプレートと、前記基板と前記フェースプレートとの間隔を所定の距離に保持するための複数のスペーサとを備える画像表示装置であって、前記画像表示面は、各色ごとに区分された複数の色の蛍光体が成す蛍光体配列が、画像表示面水平方向に沿った行に対し、列が格子状に直交しているか、あるいは斜めに交差するように構成し、前記蛍光体配列のそれぞれ隣接する2行2列に、3色の蛍光体と前記スペーサを当接する領域を一組として配置し、前記一組をカラー画像表示の最小単位画素とする。

【0026】また、別の発明は、基板上に複数の冷陰極電子放出素子を備える電子源と、前記基板に対向して配置され、前記複数の冷陰極電子放出素子から放出された電子の照射を受けて発光し画像を形成する複数の色の蛍光体が内面に塗布された画像表示面を有するフェースプレ

ートと、前記基板と前記フェースプレートとの間隔を所定の距離に保持するための複数のスペーサとを備える画像表示装置における画像表示方法であって、前記画像表示面は、各色ごとに区分された複数の色の蛍光体が成す蛍光体配列が、画像表示面水平方向に沿った行に対し、列が格子状に直交しているか、あるいは斜めに交差するように構成し、前記蛍光体配列のそれぞれ隣接する2行2列に、3色の蛍光体と前記スペーサを当接する領域を一組として配置し、前記一組をカラー画像表示の最小単位画素とする。

#### 【0027】

【発明の実施の形態】はじめに、本発明の実施の形態の画像表示装置のポイントを要約した後に、その詳細な説明に入るものとする。

【0028】本発明の実施の形態の画像表示装置は、基板上に複数の冷陰極電子放出素子が作製されて成る電子源と、該電子源が作製された基板と対向して配置され、前記複数の冷陰極電子放出素子から放出された電子の照射を受けて発光し、画像を形成するR（赤）、G（緑）、B（青）3原色蛍光体が内面に塗布されたカラー画像表示面を有するフェースプレートと、該電子源が作製された基板と該フェースプレートとの間隔を所定の距離に保持するための複数のスペーサとを少なくとも有する画像表示装置である。

【0029】ここで、前記画像表示面は、各色ごとに区分された複数の色の蛍光体が成す配列が、画像表示面水平方向に沿った行に対し、列が格子状に直交しているか、あるいは斜めに交差するように構成されており、かつ、該直交あるいは斜めに交差した行列状の蛍光体配列のそれぞれ隣接する2行2列に蛍光体R（赤）、G（緑）、B（青）と、該蛍光体と同一形状の非発光部とからなる4単位を一組として配置してカラー画像表示の最小単位の画素とし、該画素が多数連続することで構成されていることを特徴とする。

【0030】また、前記スペーサが、画素内の非発光部において、フェースプレートと当接していることを特徴とするものであり、冷陰極電子放出素子が基板上に平面的に作製された電極間に電子放出部を有し、該電極間に電圧を印加することにより電子放出する素子である画像表示装置において、前記画素内の非発光部のうちスペーサが当接している非発光部を挟んで行方向において隣合う蛍光体に電子を照射するための前記電子放出素子への電圧印加方向は、行方向に沿って、該スペーサ当接部を中心に互に向かい合うように、少なくとも該スペーサ当接部の両側では電圧印加方向が反転していることを特徴とする。

【0031】さらに、本発明に係る実施の形態では、前記画素中の非発光部は黒色とすることでコントラストの向上に効果がある。

【0032】また、本発明に係る実施の形態の電子放出

素子としては、冷陰極型電子放出素子の中でも、特に表面伝導型電子放出素子であることが望ましい。

【0033】従来のカラー画像表示面は、蛍光体をストライプ状としていた（図3）。

【0034】これに対し、本発明に係る実施の形態においては、図6に示すように、直交する行列方向において画素が隣接する2行2列にR、G、B蛍光体と該蛍光体と同形状の非発光部（図中S）とを備える。即ち、図において○印をつけたR、G、B蛍光体と非発光部Sとで1画素を構成する（図7のA-A'で区切られた部分）。そして、それがXY方向に多数連続することで画像表示面を形成する。

【0035】従来の画像表示面において、スペーサを目立たないように、フェースプレートに当接するためには、ストライプ状のR、G、B蛍光体を区分しているブラックストライプ3011に隠れるようにスペーサを設置すれば良い（図3参照）。そのためには、薄板状のスペーサをブラックストライプ3011に沿って設置すれば良いと考えられる。

【0036】しかしながら、例えば、蛍光体に高圧を印加して輝度の高い表示を行おうとする場合、フェースプレートと電子放出素子を作製した基板との距離は数mm

$$150 \times 3 + 100 \times 2 + (200 + 2W)$$

（蛍光体3色）（ブラックストライプ）（スペーサ当接部）

の正方形とすると、

$$((150 \times 3) / (150 \times 3 + 100 \times 2 + (200 + 2W))) \times 100 (\%)$$

（式1）となる。ここで、例えば、 $W = 25 \mu\text{m}$  とすれば、一画素の一边は  $900 \mu\text{m}$  となり、蛍光体面積率は50%となる。

【0040】これに対し、本発明における実施の形態では、図6において、

$$L1 = 450 \mu\text{m}$$

とすると、ブラックストライプ幅は、従来と同様  $100 \mu\text{m}$  で作製可能だから、各色蛍光体の一边  $L2 = 350 \mu\text{m}$  とする。

【0041】本発明における実施の形態では、R、G、B蛍光体と、該蛍光体と同形状の非発光部の4つを一組として画素を形成するから、一画素は本実施の形態では一边  $900 \mu\text{m}$  の正方形形状となる。

【0042】蛍光体面積率は、一画素中の蛍光体面積比に等しいので、この場合、

$$(350 \times 350 \times 3) / 900 \times 900 = 45.4 (\%)$$

となる。

【0043】この結果から、本発明に係る実施の形態では、画像表示面での蛍光体面積率が減少し、輝度の上から望ましくないように思える。但し、ここで、スペーサを設ける時の位置ずれ余裕等を考えなければいけない。

【0044】図6の場合、画素内に非発光部が  $350 \mu\text{m}$  角の大きさで存在し、そこにスペーサを位置合わせし、当接させ接合すれば良い。なお、スペーサの形状と

以上は必要であり、その間隔を保持するスペーサは加工上の歩留まり等を考えると、薄板の厚さとしては、 $200 \mu\text{m}$  程度が望ましい。

【0037】R、G、B間に形成されるブラックストライプ3011は印刷等で形成でき、その幅W2は、 $100 \mu\text{m}$  程度で作製可能である。

【0038】しかしながら、スペーサ接合部（スペーサ当接部）3013のブラックストライプ幅W1は、上記薄板の厚さに加えて作製時の位置ずれ余裕（片側  $W \mu\text{m}$  とする）を考慮しなければならない。また、スペーサは蛍光体ストライプの何本かあるいはその何十本かおきに（スペーサの配置数、ピッチ等はスペーサの断面積や、フェースプレートや素子基板の厚さ等に応じて決められる）配置すれば良いが、その部分のブラックストライプのみ幅を太くすると画面上目立つため、図のように3原色の区切りごとに、ブラックストライプ幅を太くしておき、そのうちスペーサの必要数等に応じて任意のピッチでスペーサを配置するのが望ましい。

【0039】従って、従来のストライプ形状蛍光面における蛍光体面積率は、蛍光体ストライプ幅を  $150 \mu\text{m}$  とし、一画素の大きさが一边が

しては、非発光部の形状に合わせ、本実施の形態では、円柱状か4角柱状が適している。この時、スペーサの位置合わせ余裕は、例えば、 $300 \mu\text{m}$  程度の円柱状のスペーサを用いた場合、ブラックストライプ部も含めるとXY両方向とも、 $\pm 125 \mu\text{m}$  となる。このため、スペーサの位置合わせ余裕が、従来に比べて格段に大きくなる。

【0045】もし、従来のストライプ形状にて、位置合わせ余裕幅Wを  $125 \mu\text{m}$  とすると、蛍光体面積率は、（式1）から40%となる。但し、この場合は、画素ピッチが1.1mmとなってしまう。また、画素ピッチ  $900 \mu\text{m}$  を維持しながら位置合わせ余裕を  $100 \mu\text{m}$  以上とすると、蛍光体面積率はさらに低下するので、実質上、従来のストライプ状蛍光体配列では無理である。

【0046】逆に、本発明の実施の形態では、位置合わせ余裕を  $25 \mu\text{m}$  とすれば、スペーサ径を  $500 \mu\text{m}$ （円柱形状の場合）とすることができ、スペーサの作製が容易となる。

【0047】このように、本発明に係る実施の形態の、スペーサの設置を前提とした薄型の画像表示装置では、スペーサを画素表示上に目立たないように装置内に組み込むことが従来に比べて非常に簡単となる。

【0048】さらに、本発明に係る実施の形態による画素の蛍光体と非発光部の配列構成を用いれば、上述したように十分なスペーサ設置のための位置余裕を確保しながら、スペーサとの当接部とする画素内の非発光部が、画

像表示面内に多数連続して、各方向から見て、均一に配置されることになるため(図7参照)、適当な視距離から画面を見た場合、非発光部はほとんど目立たない。

【0049】また、図6、図7に示した実施の形態では、画像のコントラストを向上を目的に画像表示面の外光反射率をなるべく減らす目的で、画素内の非発光部をブラックストライプと同じ材料で作製したが、非発光部を画像表示面内で目立たないようにすることを目的とする場合は、本発明の他の実施の形態に示すように該非発光部を、蛍光体と反射率が近い材料で作製すれば良い(図22参照)。

【0050】本発明に係る他の実施の形態では、例えば、平面型の表面伝導型放出素子の数と蛍光体数を1:1に対応させてマトリクス状に配置し、2行2列に隣接する4ドット中の1ドットにスペーサを設置し、そのスペーサを挟んで隣接する2つの素子への電圧印加方向を反転させる構成を備えることで、従来技術にはなかった以下に示す特有の効果をを得ることができる。即ち、

1. 耐大気圧強度向上のために、下広がり台形型スペーサを用いることができる。

【0051】2. 素子側でのスペーサの位置合わせ余裕を大きくとることができる。

【0052】(2)の素子側でスペーサの位置合わせ余裕が大きいことが効果があるのは、はじめにスペーサをフェースプレートにフリットで固定(接着)した後、素子基板にスペーサが固定されたフェースプレートを位置合わせし、接着する場合の話である。この場合、素子基板側では、フェースプレート側よりスペーサを設置するための余裕が大きいことが望ましい。即ち、このスペーサの接着工程では、

1. フェースプレートのブラックストライプ上にフリット(接着剤)を塗る。

【0053】2. スペーサをフェースプレート上に接着する。

【0054】3. 素子基板にフリットを塗る。

【0055】4. 素子基板と、スペーサが固定されたフェースプレートとを位置合わせをした後、スペーサと素子基板及びフェースプレートと素子基板を接着する。という処理工程を経るため、素子側(後からスペーサを接着する基板側)では、そこまでの工程での誤差を許容するスペース、即ち、上述の「スペーサの位置合わせ余裕が大きいことが望ましい。尚、実際はさらに、ブラックストライプの設計誤差、素子の配線の設計誤差など様々な誤差を許容する必要がある。本発明に係る実施の形態では、このような誤差を許容するスペースを容易にすることが可能となる。

【0056】以上、本発明に係る実施の形態のポイントを要約した。次に、本発明の実施の形態の詳細な説明を行う。

【0057】〔実施の形態1〕図8は、本実施の形態に

用いた表示パネルの一例を示す斜視図であり、内部構造を示すためにパネルの1部を切り欠いて示している。

【0058】図中、901はスペーサ、1005はリアプレート、1006は側壁、1007はフェースプレートガラスであり、901、1005~1007により表示パネルの内部を真空中に維持するための気密容器を形成している。

【0059】気密容器を組み立てるにあたっては、各部材の接合部に十分な強度と気密性を保持させるため封着する必要があるが、たとえば、フリットガラスを接合部に塗布し、大気中あるいは窒素雰囲気中で、摂氏400~500度で10分以上焼成することにより封着を達成した。気密容器内部を真空中に排気する方法については後述する。

【0060】リアプレート1005には、基板1001が固定されているが、該基板には表面伝導型放出素子1002がN×M個形成されている。(N、Mは2以上の正の整数であり、目的とする表示画素数に応じて適宜設定される。たとえば、高品位テレビジョンの表示を目的とした表示装置においては、N=3000、M=1000以上の数を設定することが望ましい。本実施の形態においては、N=3072、M=1024とした。)前記N×M個の表面伝導型放出素子は、M本の行方向配線1003とN本の列方向配線1004により単純マトリクス配線されている。前記1001~1004によって構成される部分をマルチ電子ビーム源と呼ぶ。なお、マルチ電子ビーム源の製造方法や構造については、後で詳しく述べる。

【0061】本実施の形態においては、気密容器のリアプレート1005にマルチ電子ビーム源の基板1001を固定する構成としたが、マルチ電子ビーム源の基板1001が十分な強度を有するものである場合には、気密容器のリアプレートとしてマルチ電子ビーム源の基板1001自体を用いてもよい。

【0062】また、フェースプレートガラス1007の下面には、蛍光膜1008が形成されている。本実施の形態はカラー表示装置であるため、蛍光膜1008の部分にはCRTの分野で用いられる赤、緑、青、の3原色の蛍光体が塗り分けられている。各色の蛍光体は、たとえば、図6に示すように矩形状に塗り分けられており、さらに、図6に示すように蛍光体と同形状の非発光部(S)が形成されている。蛍光体のストライプの間、及び、非発光部には、黒色の導電体1010が設けてある。図6では説明の都合上、非発光部の黒色を薄くした。

【0063】蛍光体の境界部に黒色の導電体1010を設ける目的は、電子ビームの照射位置に多少のずれがあっても表示色にずれが生じないようにすることや、外光の反射を防止して表示コントラストの低下を防ぐこと、電子ビームによる蛍光膜のチャージアップを防止するこ

などである。尚、黒色の導電体1010には、黒鉛を主成分として用いたが、上記の目的に適するものであればこれ以外の材料を用いてもよい。

【0064】また、蛍光膜1008のリアプレート側の面には、CRTの分野では公知のメタルバック1009を設けてある。メタルバック1009を設けた目的は、蛍光膜1008が発する光の一部を鏡面反射して光利用率を向上させることや、負イオンの衝突から蛍光膜1008を保護することや、電子ビーム加速電圧を印加するための電極として作用させることや、蛍光膜1008を励起した電子の導電路として作用させることなどである。メタルバック1009は、蛍光膜1008をフェースプレートガラス1007上に形成した後、蛍光膜表面を平滑化処理し、その上にAlを真空蒸着する方法により形成した。

【0065】また、本実施の形態では用いなかったが、加速電圧の印加用や蛍光膜の導電性向上を目的として、フェースプレートガラス1007と蛍光膜1008との間に、たとえば、ITOを材料とする透明電極を設けてもよい。

【0066】また、Dx1~DxM、および、Dy1~DyN、およびHvは、当該表示パネルと不図示の電気回路とを電気的に接続するために設けた気密構造の電気接続用端子である。Dx1~DxMはマルチ電子ビーム源の行方向配線1003と、Dy1~DyNはマルチ電子ビーム源の列方向配線1004と、Hvはフェースプレートのメタルバック1009と電気的に接続している。

【0067】また、気密容器内部を真空に排気するには、気密容器を組み立てた後、不図示の排気管と真空ポンプとを接続し、気密容器内を10のマイナス7乗[ $10^{-7}$  Torr]程度の真空度まで排気する。その後、排気管を封止するが、気密容器内の真空度を維持するために、封止の直前、あるいは、封止後に気密容器内の所定の位置にゲッター膜(不図示)を形成する。ゲッター膜とは、たとえば、Baを主成分とするゲッター材料をヒータもしくは高周波加熱により加熱し蒸着して形成した膜であり、該ゲッター膜の吸着作用により気密容器内は $1 \times 10^{-5}$ マイナス5乗、ないしは、 $1 \times 10^{-7}$ マイナス7乗[Torr]の真空度に維持される。

【0068】以上、本発明の実施の形態の表示パネルの基本構成と製法を説明した。

【0069】次に、前記実施の形態の表示パネルに用いたマルチ電子ビーム源の製造方法について説明する。本発明に係る実施の形態の画像表示装置に用いるマルチ電子ビーム源は、表面伝導型放出素子を単純マトリクス配線した電子源であれば、表面伝導型放出素子の材料や形状、あるいは、製法に制限はない。

【0070】しかしながら、発明者らは、表面伝導型放出素子の中では、電子放出部、もしくは、その周辺部を微粒子膜から形成したものが電子放出特性に優れ、しか

も製造が容易に行えることを見いだしている。

【0071】したがって、高輝度で大画面の画像表示装置のマルチ電子ビーム源に用いるには、最も好適であると言える。そこで、上記実施の形態の表示パネルにおいては、電子放出部、もしくは、その周辺部を微粒子膜から形成した表面伝導型放出素子を用いた。そこで、まず好適な表面伝導型放出素子について基本的な構成と製法および特性を説明し、その後で多数の素子を単純マトリクス配線したマルチ電子ビーム源の構造について述べる。

(表面伝導型放出素子の好適な素子構成と製法) 電子放出部、もしくは、その周辺部を微粒子膜から形成する表面伝導型放出素子の代表的な構成には、平面型と垂直型の2種類があげられる。

(平面型の表面伝導型放出素子) まず最初に、平面型の表面伝導型放出素子の素子構成と製法について説明する。図9(a)(b)に示すのは、平面型の表面伝導型放出素子の構成を説明するためのそれぞれ平面図および断面図である。

【0072】図中、1101は基板、1102と1103は素子電極、1104は導電性薄膜、1105は通電フォーミング処理により形成した電子放出部、1113は通電活性化処理により形成した薄膜である。

【0073】基板1101としては、たとえば、石英ガラスや青板ガラスをはじめとする各種ガラス基板や、アルミナをはじめとする各種セラミクス基板、あるいは、上述の各種基板上に、たとえば、SiO<sub>2</sub>を材料とする絶縁層を積層した基板などを用いることができる。

【0074】また、基板1101上に基板面と平行に対向して設けられた素子電極1102と1103は、導電性を有する材料によって形成されている。たとえば、Ni, Cr, Au, Mo, W, Pt, Ti, Cu, Pd, Ag等をはじめとする金属、あるいは、これらの金属の合金、あるいは、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SnO<sub>2</sub>をはじめとする金属酸化物、ポリシリコンなどの半導体などの中から適宜材料を選択して用いればよい。

【0075】電極を形成するには、たとえば、真空蒸着などの製膜技術とフォトリソグラフィ、エッチングなどのパターニング技術を組み合わせて用いれば容易に形成できるが、それ以外の方法(たとえば印刷技術)を用いて形成してもさしつかえない。

【0076】素子電極1102と1103の形状は、当該電子放出素子の応用目的に合わせて適宜設計される。一般的には、電極間隔は通常は、数百オングストロームから数百マイクロメートルの範囲から適当な数値を選んで設計されるが、なかでも、表示装置に应用するために好ましいのは、数マイクロメートルより数十マイクロメートルの範囲である。また、素子電極の厚さdについては、通常は数百オングストロームから数マイクロメートルの範囲から適当な数値が選ばれる。

【0077】また、導電性薄膜1104の部分には、微粒子膜を用いる。ここで述べた微粒子膜とは、構成要素として多数の微粒子を含んだ膜（島状の集合体も含む）のことをさす。微粒子膜を微視的に調べれば、通常は、個々の微粒子が離間して配置された構造か、あるいは微粒子が互いに隣接した構造か、あるいは微粒子が互いに重なり合った構造が観測される。

【0078】微粒子膜に用いた微粒子の粒径は、数オングストロームから数千オングストロームの範囲に含まれるものであるが、なかでも好ましいのは10オングストロームから200オングストロームの範囲のものである。また、微粒子膜の膜厚は、以下に述べるような諸条件を考慮して適宜設定される。すなわち、素子電極1102あるいは1103と電気的に良好に接続するのに必要な条件、後述する通電フォーミングを良好に行うのに必要な条件、微粒子膜自身の電気抵抗を後述する適宜の値にするために必要な条件などである。

【0079】具体的には、数オングストロームから数千オングストロームの範囲のなかで設定するが、なかでも好ましいのは10オングストロームから500オングストロームの間である。

【0080】また、微粒子膜を形成するのに用いられる材料としては、たとえば、Pd, Pt, Ru, Ag, Au, Ti, In, Cu, Cr, Fe, Zn, Sn, Ta, W, Pb, などをはじめとする金属や、PdO, SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, PbO, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などをはじめとする酸化物や、HfB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, LaB<sub>6</sub>, CeB<sub>6</sub>, YB<sub>4</sub>, Gd<sub>2</sub>B<sub>4</sub>などをはじめとする硼化物や、TiC, ZrC, HfC, TaC, SiC, WCなどをはじめとする炭化物や、TiN, ZrN, HfNなどをはじめとする窒化物や、Si, Geなどをはじめとする半導体や、カーボンなどがあげられ、これらの中から適宜選択される。

【0081】以上述べたように、導電性薄膜1104を微粒子膜で形成したが、そのシート抵抗値については、10の3乗から10の7乗〔オーム/sq〕の範囲に含まれるよう設定した。

【0082】なお、導電性薄膜1104と素子電極1102および1103とは、電気的に良好に接続されるのが望ましいため、互いの一部が重なりあうような構造をとっている。その重なり方は、図9の例においては、下から、基板、素子電極、導電性薄膜の順序で積層したが、場合によっては、下から基板、導電性薄膜、素子電極の順序で積層してもさしつかえない。

【0083】また、電子放出部1105は、導電性薄膜1104の一部に形成された亀裂状の部分であり、電気的には周囲の導電性薄膜よりも高抵抗な性質を有している。亀裂は、導電性薄膜1104に対して、後述する通電フォーミングの処理を行うことにより形成する。亀裂内には、数オングストロームから数百オングストローム

の粒径の微粒子を配置する場合がある。なお、実際の電子放出部の位置や形状を精密かつ正確に図示するのは困難なため、図9においては模式的に示した。

【0084】また、薄膜1113は、炭素もしくは炭素化合物よりなる薄膜で、電子放出部1105およびその近傍を被覆している。薄膜1113は、通電フォーミング処理後に、後述する通電活性化の処理を行うことにより形成する。

【0085】薄膜1113は、単結晶グラファイト、多結晶グラファイト、非晶質カーボン、のいずれかか、もしくはその混合物であり、膜厚は500〔オングストローム〕以下とするが、300〔オングストローム〕以下とするのがさらに好ましい。なお、実際の薄膜1113の位置や形状を精密に図示するのは困難なため、図9においては模式的に示した。また、平面図（図9（a））においては、薄膜1113の一部を除去した素子を図示した。

【0086】以上、好ましい素子の基本構成を述べたが、実施の形態においては以下のような素子を用いた。

【0087】すなわち、基板1101には青板ガラスを用い、素子電極1102と1103にはNi薄膜を用いた。素子電極の厚さdは1000〔オングストローム〕、電極間隔Lは2〔マイクロメートル〕とした。

【0088】微粒子膜の主要材料としてPdもしくはPdOを用い、微粒子膜の厚さは約100〔オングストローム〕、幅Wは100〔マイクロメータ〕とした。

【0089】次に、好適な平面型の表面伝導型放出素子の製造方法について説明する。図10（a）～（e）は、表面伝導型放出素子の製造工程を説明するための断面図で、各部材の表記は図9と同一である。

【0090】1）まず、図10（a）に示すように、基板1101上に素子電極1102および1103を形成する。

【0091】形成するにあたっては、あらかじめ、基板1101を洗剤、純水、有機溶剤を用いて十分に洗浄後、素子電極の材料を堆積させる。堆積する方法としては、たとえば、蒸着法やスパッタ法などの真空成膜技術を用いればよい。

【0092】その後、堆積した電極材料を、フォトリソグラフィ・エッチング技術を用いてパターニングし、図10（a）に示した一対の素子電極（1102と1103）を形成する。

【0093】2）次に、図10（b）に示すように、導電性薄膜1104を形成する。

【0094】形成するにあたっては、まず、図10

（a）の基板に有機金属溶液を塗布して乾燥し、加熱焼成処理して微粒子膜を成膜した後、フォトリソグラフィ・エッチングにより所定の形状にパターニングする。ここで、有機金属溶液とは、導電性薄膜に用いる微粒子の材料を主要元素とする有機金属化合物の溶液である。



具体的には、本実施の形態では主要元素としてPdを用いた。

【0095】尚、実施の形態では塗布方法として、ディッピング法を用いたが、それ以外の、たとえば、スピンナー法やスプレー法を用いてもよい。

【0096】また、微粒子膜で作られる導電性薄膜の成膜方法としては、本実施の形態で用いた有機金属溶液の塗布による方法以外の、たとえば、真空蒸着法やスパッタ法、あるいは、化学的気相堆積法などを用いる場合もある。

【0097】3) 次に、図10(c)に示すように、フォーミング用電源1110から素子電極1102と1103の間に適宜の電圧を印加し、通電フォーミング処理を行って、電子放出部1105を形成する。

【0098】通電フォーミング処理とは、微粒子膜で作られた導電性薄膜1104に通電を行って、その一部を適宜に破壊、変形、もしくは変質せしめ、電子放出を行うのに好適な構造に変化させる処理のことである。微粒子膜で作られた導電性薄膜のうち電子放出を行うのに好適な構造に変化した部分（すなわち、電子放出部1105）においては、薄膜に適当な亀裂が形成されている。

【0099】なお、電子放出部1105が形成される前と比較すると、形成された後は素子電極1102と1103の間で計測される電気抵抗は大幅に増加する。

【0100】通電方法をより詳しく説明するために、図11に、フォーミング用電源1110から印加する適宜の電圧波形の一例を示す。微粒子膜で作られた導電性薄膜をフォーミングする場合には、パルス状の電圧が好ましく、本実施の形態の場合には、同図に示したようにパルス幅T1の三角波パルスをパルス間隔T2で連続的に印加した。その際には、三角波パルスの波高値Vpfを、順次昇圧した。また、電子放出部1105の形成状況をモニターするためのモニターパルスPmを適宜の間隔で三角波パルスの間に挿入し、その際に流れる電流を電流計1111で計測した。

【0101】実施の形態においては、たとえば、10のマイナス5乗[torr]程度の真空雰囲気下において、たとえば、パルス幅T1を1[ミリ秒]、パルス間隔T2を10[ミリ秒]とし、波高値Vpfを1パルスごとに0.1[V]ずつ昇圧した。そして、三角波を5パルス印加するたびに1回の割りで、モニタパルスPmを挿入した。フォーミング処理に悪影響を及ぼすことがないように、モニタパルスの電圧Vpmは0.1[V]に設定した。そして、素子電極1102と1103の間の電気抵抗が $1 \times 10^6$  [オーム]になった段階、すなわち、モニタパルス印加時に電流計1111で計測される電流が $1 \times 10^{-7}$  [A]以下になった段階で、フォーミング処理にかかわる通電を終了した。

【0102】なお、上記の方法は、本実施の形態の表面伝導型放出素子に関する好ましい方法であり、たとえ

ば、微粒子膜の材料や膜厚、あるいは、素子電極間隔Lなど表面伝導型放出素子の設計を変更した場合には、それに応じて通電の条件を適宜変更するのが望ましい。

【0103】4) 次に、図10(d)に示すように、活性化用電源1112から素子電極1102と1103の間に適宜の電圧を印加し、通電活性化処理を行って、電子放出特性の改善を行う。

【0104】通電活性化処理とは、前記通電フォーミング処理により形成された電子放出部1105に適宜の条件で通電を行って、その近傍に炭素、もしくは、炭素化合物を堆積せしめる処理のことである。（図においては、炭素、もしくは炭素化合物よりなる堆積物を部材1113として模式的に示した。）

なお、通電活性化処理を行うことにより、行う前と比較して、同じ印加電圧における放出電流を典型的には100倍以上に増加させることができる。

【0105】具体的には、10のマイナス4乗ないし10のマイナス5乗[torr]の範囲内の真空雰囲気中で、電圧パルスを定期的に印加することにより、真空雰囲気中に存在する有機化合物を起源とする炭素もしくは炭素化合物を堆積させる。堆積物1113は、単結晶グラファイト、多結晶グラファイト、非晶質カーボン、のいずれかか、もしくはその混合物であり、膜厚は500[オングストローム]以下、より好ましくは300[オングストローム]以下である。

【0106】通電方法をより詳しく説明するために、図12(a)に、活性化用電源1112から印加する適宜の電圧波形の一例を示す。本実施の形態においては、一定電圧の矩形波を定期的に印加して通電活性化処理を行ったが、具体的には、矩形波の電圧Vacは14

[V]、パルス幅T3は1[ミリ秒]、パルス間隔T4は10[ミリ秒]とした。

【0107】なお、上述の通電条件は、本実施の形態の表面伝導型放出素子に関する好ましい条件であり、表面伝導型放出素子の設計を変更した場合には、それに応じて条件を適宜変更するのが望ましい。

【0108】図10(d)に示す1114は、該表面伝導型放出素子から放出される放出電流Ieを捕捉するためのアノード電極で、直流高電圧電源1115および電流計1116が接続されている。

【0109】なお、基板1101を、表示パネルの中に組み込んでから活性化処理を行う場合には、表示パネルの蛍光面をアノード電極1114として用いる。

【0110】活性化用電源1112から電圧を印加する間、電流計1116で放出電流Ieを計測して通電活性化処理の進行状況をモニターし、活性化用電源1112の動作を制御する。電流計1116で計測された放出電流Ieの一例を、図12(b)に示すが、活性化電源1112からパルス電圧を印加しはじめると、時間の経過とともに放出電流Ieは増加するが、やがて飽和してほ

とんど増加しなくなる。このように、放出電流  $I_e$  がほぼ飽和した時点で活性化用電源 1112 からの電圧印加を停止し、通電活性化処理を終了する。

【0111】なお、上述の通電条件は、本実施の形態の表面伝導型放出素子に関する好ましい条件であり、表面伝導型放出素子の設計を変更した場合には、それに応じて条件を適宜変更するのが望ましい。

【0112】以上のようにして、図10(e)に示す平面型の表面伝導型放出素子を製造した。(垂直型の表面伝導型放出素子)次に、電子放出部、もしくは、その周辺を微粒子膜から形成した表面伝導型放出素子のもうひとつの代表的な構成、すなわち、垂直型の表面伝導型放出素子の構成について説明する。

【0113】図13は、垂直型の基本構成を説明するための模式的な断面図であり、図中の1201は基板、1202と1203は素子電極、1206は段差形成部材、1204は微粒子膜を用いた導電性薄膜、1205は通電フォーミング処理により形成した電子放出部、1213は通電活性化処理により形成した薄膜である。

【0114】垂直型が先に説明した平面型と異なる点は、素子電極のうちの片方(1202)が段差形成部材1206上に設けられており、導電性薄膜1204が段差形成部材1206の側面を被覆している点にある。

【0115】したがって、前記図9の平面型における素子電極間隔  $L$  は、垂直型においては段差形成部材1206の段差高  $L_s$  として設定される。

【0116】なお、基板1201、素子電極1202および1203、微粒子膜を用いた導電性薄膜1204については、前記平面型の説明中に列挙した材料を同様に用いることが可能である。また、段差形成部材1206には、たとえば、 $SiO_2$  のような電気的に絶縁性の材料を用いる。

【0117】次に、垂直型の表面伝導型放出素子の製法について説明する。図14(a)～(f)は、製造工程を説明するための断面図で、各部材の表記は図13と同一である。

【0118】1) まず、図14(a)に示すように、基板1201上に素子電極1203を形成する。

【0119】2) 次に、図14(b)に示すように、段差形成部材を形成するための絶縁層を積層する。絶縁層は、たとえば  $SiO_2$  をスパッタ法で積層すればよいが、たとえば、真空蒸着法や印刷法などの他の成膜方法を用いてもよい。

【0120】3) 次に、図14(c)に示すように、絶縁層の上に素子電極1202を形成する。

【0121】4) 次に、図14(d)に示すように、絶縁層の一部を、たとえばエッチング法を用いて除去し、素子電極1203を露出させる。

【0122】5) 次に、図14(e)に示すように、微粒子膜を用いた導電性薄膜1204を形成する。形成す

るには、前記平面型の場合と同じく、たとえば、塗布法などの成膜技術を用いればよい。

【0123】6) 次に、前記平面型の場合と同じく、通電フォーミング処理を行い、電子放出部を形成する。

(図10(c)を用いて説明した平面型の通電フォーミング処理と同様の処理を行えばよい。)

7) 次に、前記平面型の場合と同じく、通電活性化処理を行い、電子放出部近傍に炭素もしくは炭素化合物を堆積させる。(図10(d)を用いて説明した平面型の通電活性化処理と同様の処理を行えばよい。)

以上のようにして、図14(f)に示す垂直型の表面伝導型放出素子を製造した。

【0124】(表示装置に用いた表面伝導型放出素子の特性)以上、平面型と垂直型の表面伝導型放出素子について素子構成と製法を説明したが、次に表示装置に用いた素子の特性について述べる。

【0125】図15に、表示装置に用いた素子の、(放出電流  $I_e$ ) 対 (素子印加電圧  $V_f$ ) 特性、および、(素子電流  $I_f$ ) 対 (素子印加電圧  $V_f$ ) 特性の典型的な例を示す。

【0126】なお、放出電流  $I_e$  は、素子電流  $I_f$  に比べて著しく小さく、同一尺度で図示するのが困難であるうえ、これらの特性は素子の大きさや形状等の設計パラメータを変更することにより変化するものであるため、2本のグラフは各々任意単位で図示した。

【0127】表示装置に用いた素子は、放出電流  $I_e$  に関して以下に述べる3つの特性を有している。

【0128】第一に、ある電圧(これを閾値電圧  $V_{th}$  と呼ぶ)以上の大きさの電圧を素子に印加すると急激に放出電流  $I_e$  が増加するが、一方、閾値電圧  $V_{th}$  未満の電圧では放出電流  $I_e$  はほとんど検出されない。

【0129】すなわち、放出電流  $I_e$  に関して、明確な閾値電圧  $V_{th}$  を持った非線形素子である。

【0130】第二に、放出電流  $I_e$  は素子に印加する電圧  $V_f$  に依存して変化するため、電圧  $V_f$  で放出電流  $I_e$  の大きさを制御できる。

【0131】第三に、素子に印加する電圧  $V_f$  に対して素子から放出される電流  $I_e$  の応答速度が速いため、電圧  $V_f$  を印加する時間の長さによって素子から放出される電子の電荷量を制御できる。

【0132】以上のような特性を有するため、表面伝導型放出素子を表示装置に好適に用いることができた。たとえば、多数の素子を表示画面の画素に対応して設けた表示装置において、第一の特性を利用すれば、表示画面を順次走査して表示を行うことが可能である。すなわち、駆動中の素子には所望の発光輝度に応じて閾値電圧  $V_{th}$  以上の電圧を適宜印加し、非選択状態の素子には閾値電圧  $V_{th}$  未満の電圧を印加する。駆動する素子を順次切り替えてゆくことにより、表示画面を順次走査して表示を行うことが可能である。

【0133】また、第二の特性か、または、第三の特性を利用することにより、発光輝度を制御することができると、諧調表示を行うことが可能である。

(多数素子を単純マトリクス配線したマルチ電子ビーム源の構造)次に、上述の表面伝導型放出素子を基板上に配列して単純マトリクス配線したマルチ電子ビーム源の構造について述べる。

【0134】図16に示すのは、図8の表示パネルに用いたマルチ電子ビーム源の平面図である。基板上には、図9で示したものと同様な表面伝導型放出素子が配列され、これらの素子は行方向配線電極1003と列方向配線電極1004により単純マトリクス状に配線されている。行方向配線電極1003と列方向配線電極1004の交差する部分には、電極間に絶縁層(不図示)が形成されており、電気的な絶縁が保たれている。

【0135】図16のA-A'に沿った断面を、図17に示す。

【0136】なお、このような構造のマルチ電子源は、あらかじめ基板上に行方向配線電極1003、列方向配線電極1004、電極間絶縁層(不図示)、および、表面伝導型放出素子の素子電極と導電性薄膜を形成した後、行方向配線電極1003および列方向配線電極1004を介して、各素子に給電して通電フォーミング処理と通電活性化処理を行うことにより製造した。

【0137】また、本発明に係る実施の形態では、2行にわたりR、G、B蛍光体が位置するため、一画素に対応する電子放出素子の駆動も単純マトリクス配線の2行分から電子放出させる必要がある。

【0138】最後に、スペーサとフェースプレート及びリアプレート(あるいは素子基板)との組み立てについて、図6、図7、図18を用いて説明する。

【0139】本実施の形態では、スペーサ901の材料としてソーダライムガラスからなる300 $\mu$ m $\phi$ 、長さ4mmのガラス棒を用いた。

【0140】まず、スペーサ材が所望の位置に立て直して接合できるように、適当な治具にセットした後、フェースプレート1011(ガラス1007、蛍光膜1008、メタルバック1009からなる)との当接部902にフリットガラスを塗布し、治具によりフェースプレートを各スペーサを位置合わせした状態で400~500℃で焼成し、フェースプレート1011にスペーサ901を固定する。

【0141】その後、前述したように支持枠1006を介し、フェースプレート1011とリアプレート1005の接合部にフリットガラスを塗布、焼成し真空容器を完成する。

【0142】上記において、スペーサ901は画素の非発光部全てに当接するように配置される必要はなく、容器が大気圧に耐えるだけの強度を有するよう設計された数とピッチにより、配置されれば良く、従って、例え

ば、図18に示したように、画素内の非発光部のうち、スペーサ901が当接していない部分も生じる場合がある。但し、各画素に非発光部が等しく存在することは、画像表示の連続性を保つために必要であった(即ち、画面上、非発光部が目立ちにくい)。

【0143】なお、支持枠1006の焼成時に、位置決めしたスペーサが動かないように、各々を接合するためのフリットガラスは、焼成温度や結晶性を選択する必要がある。また、支持枠1006とスペーサ901の高さは合わせておく必要があるのは言うまでもない。

【0144】上述したように、位置決めされたスペーサ901は、素子基板上では、例えば、図16の点線円で示したような位置で素子基板側とは接することになる。

【0145】以上、本発明の第一の実施の形態によれば、スペーサを有する平面型の画像表示装置において、スペーサの位置合わせが、従来に対し非常に容易になる上、画像表示上、該スペーサが画像表示面と接合する箇所が目立ちにくいという利点を有しながら、しかも、蛍光体面積の画像表示面における割合の低下は最小で済むため、輝度の高い画像表示装置が得られる。

【0146】なお、R、G、B蛍光体の配置については、図6、図7に示したものに限らず、目的に応じて、R、G、Bの位置を入れ換えても上述の本発明の効果が得られる。

【0147】[実施の形態2]次に、本発明の第二の実施の形態を説明する。

【0148】装置全体の構成は、実施の形態1と同様なので省略するが、本実施の形態では平面型の表面伝導型放出素子を電子放出素子として用いる。

【0149】平面型の表面伝導型放出素子では、図10(d)に簡単に示しているように、素子から放出された電子が蛍光面1114に到達するまでに、素子電極の正極側に偏向される。

【0150】この理由は、表面伝導型放出素子からの電子放出メカニズムが明確でないため、十分にはわかっていないが、素子から放出された電子は、放出直後の電子放出部近傍では、素子電極間の電位差により偏向作用を受け、蛍光面に到達するまでに位置が素子放出部直上から、素子電極正極側にずれるのであると本発明者等は考えている。

【0151】この性質を利用して、さらに、スペーサ設置時の位置ずれ余裕が大きくなり、また、スペーサ断面積を増やすことで、スペーサ強度を増す目的でなされたのが本実施の形態である。

【0152】本実施の形態を、以下、図を用いて具体的に説明する。

【0153】本実施の形態では、画面表示面としては、実施の形態1と同じで図6、図7に示した形状とした。

【0154】但し、本実施の形態においては、図6、図7に示した画素内の非発光部のうちスペーサが当接して

いる非発光部を挟んで行方向において隣合う蛍光体に電子を照射するための前記電子放出素子への電圧印加が、行方向に沿っており（これは実施の形態1も同様）、かつ、該スペーサ当接部を中心に互いに向かい合うように、少なくとも該スペーサ当接部の両側では電圧印加方向が反転している。

【0155】上述した、電圧印加方向の反転した素子は、スペーサ当接部ではない画素内の非発光部を利用する。本実施の形態においては、元々、非発光部が画素内の構成要素として存在するために、スペーサ当接部を中心とした電圧印加方向の反転は特に作製上の困難はなく実施可能である。

【0156】図19は、第一実施の形態の図16に対応する図であるが、電子放出素子に対応する画素も示してある。

【0157】このうち、図中Sはスペーサが当接して接合する非発光部、S'はスペーサが当接しない非発光部を表す。Gは緑色蛍光体の位置である。

【0158】図19からわかるように、スペーサ当接部Sの両側で、素子への電圧印加方向（正電極に向かう方向を正とする）はスペーサ当接部に向かうよう、少なくとも該スペーサ当接部の両側では電圧印加方向が反転している。このため、図中、スペーサ当接部でない非発光部S'の下に相当する素子において、電圧印加方向が反転するように、素子が配線されている。

【0159】図16と図19を比較すると、もともと、非発光部が画素内に存在する行に対応する素子の行においては、素子は1列おきに作製されているため、列方向の素子配置を素子／空きの連続から、素子・素子／空き・空きとするだけで、行方向の電圧印加方向を反転できる。具体的には、列方向配線に正電圧を印加し、該列方向配線と素子の電極との接続をX方向（＝行方向）において反転させれば良い（図19）。

【0160】本実施の形態によれば、スペーサ当接部Sの下に素子部においては、図19に点線で囲まれたTに示すように実施の形態1より大きな設置余裕が生じる。これは、位置合わせ誤差の拡大につながり装置の作製がより容易となる。

【0161】また、位置合わせ誤差が、例えば、実施の形態1並で十分な場合でも、素子基板側のスペーサ901の断面積を図20に示すように拡大できる。

【0162】図20では、スペーサ901に横からの断面が台形状のスペーサを用いた。この場合、スペーサの数を減らすことができ、作製が容易となる。

【0163】また、スペーサの数が同じであれば、強度が増すためフェースプレートやリアプレートをより薄くでき、装置の軽量化が可能である。

【0164】本実施の形態において、電子ビームが、蛍光体に到達するまでの偏向量（図20中のD）は、素子に印加する電圧や、蛍光体に印加する電圧、素子～蛍光

体間の距離H等により変化するため、蛍光体のピッチ等に応じて、上記パラメータを可変することで、所望の蛍光体のピッチ（行方向）に応じて本実施の形態の装置が作製できる。

【0165】また、本実施の形態も実施の形態1と画素は同一形状であり、画素内のR、G、Bの配置については、図6、図7に示したものに限らず、R、G、Bの入れ替えを行っても、本実施の形態の効果は減じることなく得られる。

【0166】〔実施の形態3〕図21に本発明の第3の実施の形態の画像表示装置の画像表示面を示す。

【0167】装置全体の構成や作製法は、実施の形態1と同様なので省略する。

【0168】本実施の形態においては、Y方向の画素列が行（X-X'）に対して斜めに交差している（Y1-Y1'）。

【0169】この場合にも、画素は2行2列にR、G、B蛍光体、及び、該蛍光体と同一形状の発光部で構成されているのは、実施の形態1と同様である。

【0170】但し、電子放出素子は、行・列が直交している場合に比べ、行ごとに半ピッチずつずらして作成する必要がある。

【0171】本実施の形態においても、非発光部が存在する行の構成は前述の実施の形態と同じだから、前述実施の形態と同様な効果がある。

【0172】さらに、本実施の形態では、3原色蛍光体がデルタ状に配置されているため、画像表示の方向依存性がより目立たなくなり、均一な解像度が得られるため、鮮明な画像の画像表示装置が得られた。

【0173】〔実施の形態4〕図22に、本発明の第4の実施の形態の画像表示装置の画像表示面を示す。装置全体の構成や作製法は実施の形態1と同様なので省略する。

【0174】本実施の形態においては、画素内の非発光部がブラックストライプと同じ黒色部材からなるのではなく、蛍光体と反射率が近い部材を用いた。

【0175】具体的には、灰色のセラミック等を蛍光体と同程度の粒径（約10 $\mu$ m）とした物を、蛍光体と同様に印刷バインダーと混ぜ、印刷法で形成した。

【0176】本実施の形態では、非発光部が存在する画素等の構成は前述の実施の形態と同じだから、前述の実施の形態と同様な効果がある。

【0177】さらに、本実施の形態では、非発光部が蛍光体と同様な外光反射率を持つため、非発光部が前述実施の形態に比し、より目立たない利点があった。

【0178】外光の反射率を減らすと、コントラストが向上するため、通常は非発光部は黒色部材で作製するのが適しているが、蛍光体の輝度が十分な場合、コントラストはフェースプレートガラスの透過率を下げることで外光反射を減らし、向上させることもできるため、本実

施の形態も装置の応用目的に応じて適宜用いることにより、より表示品位の高い画像表示装置が得られた。

【0179】図23は、前記説明の表面伝導型放出素子を電子ビーム源として用いたディスプレイパネルに、たとえば、テレビジョン放送をはじめとする種々の画像情報源より提供される画像情報を表示できるように構成した多機能表示装置の一例を示すための図である。図中、2100はディスプレイパネル、2101はディスプレイパネルの駆動回路、2102はディスプレイコントローラ、2103はマルチプレクサ、2104はデコーダ、2105は入出力インターフェース回路、2106はCPU、2107は画像生成回路、2108および2109および2110は画像メモリインターフェース回路、2111は画像入力インターフェース回路、2112および2113はTV信号受信回路、2114は入力部である。

【0180】なお、本表示装置は、たとえばテレビジョン信号のように映像情報と音声情報の両方を含む信号を受信する場合には、当然、映像の表示と同時に音声を再生するものであるが、本発明の特徴と直接関係しない音声情報の受信、分離、再生、処理、記憶などに関する回路やスピーカなどについては説明を省略する。

【0181】以下、画像信号の流れに沿って各部の機能を説明してゆく。

【0182】まず、TV信号受信回路2113は、たとえば、電波や空間光通信などのような無線伝送系を用いて伝送されるTV画像信号を受信するための回路である。受信するTV信号の方式は特に限られるものではなく、たとえば、NTSC方式、PAL方式、SECAM方式などの諸方式でもよい。また、これらよりさらに多数の走査線よりなるTV信号（たとえばMUSE方式をはじめとするいわゆる高品位TV）は、大面積化や大画素数化に適した前記ディスプレイパネルの利点を生かすのに好適な信号源である。TV信号受信回路2113で受信されたTV信号は、デコーダ2104に出力される。

【0183】また、TV信号受信回路2112は、たとえば、同軸ケーブルや光ファイバーなどのような有線伝送系を用いて伝送されるTV画像信号を受信するための回路である。前記TV信号受信回路2113と同様に、受信するTV信号の方式は特に限られるものではなく、また本回路で受信されたTV信号もデコーダ2104に出力される。

【0184】また、画像入力インターフェース回路2111は、たとえば、TVカメラや画像読み取りスキャナなどの画像入力装置から供給される画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた画像信号はデコーダ2104に出力される。

【0185】また、画像メモリインターフェース回路2110は、ビデオテープレコーダ（以下VTRと略す）

に記憶されている画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた画像信号はデコーダ2104に出力される。

【0186】また、画像メモリインターフェース回路2109は、ビデオディスクに記憶されている画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた画像信号はデコーダ2104に出力される。

【0187】また、画像メモリインターフェース回路2108は、いわゆる静止画ディスクのように、静止画像データを記憶している装置から画像信号を取り込むための回路で、取り込まれた静止画像データはデコーダ2104に出力される。

【0188】また、入出力インターフェース回路2105は、本表示装置と、外部のコンピュータもしくはコンピュータネットワークもしくはプリンタなどの出力装置とを接続するための回路である。画像データや文字データ・図形情報の入出力を行うのはもちろんのこと、場合によっては本表示装置の備えるCPU2106と外部との間で制御信号や数値データの入出力などを行うことも可能である。

【0189】また、画像生成回路2107は、前記入出力インターフェース回路2105を介して外部から入力される画像データや文字・図形情報や、あるいは、CPU2106より出力される画像データや文字・図形情報に基づき表示用画像データを生成するための回路である。

【0190】本回路の内部には、たとえば、画像データや文字・図形情報を蓄積するための書き換え可能メモリや、文字コードに対応する画像パターンが記憶されている読みだし専用メモリや、画像処理を行うためのプロセッサなどをはじめとして画像の生成に必要な回路が組み込まれている。本回路により生成された表示用画像データは、デコーダ2104に出力されるが、場合によっては、前記入出力インターフェース回路2105を介して、外部のコンピュータネットワークやプリンタ入出力することも可能である。

【0191】また、CPU2106は、主として本表示装置の動作制御や、表示画像の生成や選択や編集に関わる作業を行う。

【0192】たとえば、マルチプレクサ2103に制御信号を出力し、ディスプレイパネルに表示する画像信号を適宜選択したり組み合わせたりする。また、その際には、表示する画像信号に応じてディスプレイパネルコントローラ2102に対して制御信号を発生し、画面表示周波数や走査方法（たとえば、インターレースかノンインターレースか）や一画面の走査線の数など表示装置の動作を適宜制御する。

【0193】また、前記画像生成回路2107に対して画像データや文字・図形情報を直接出力したり、あるいは、前記入出力インターフェース回路2105を介して外部のコンピュータやメモリをアクセスして画像データ

や文字・図形情報を入力する。

【0194】なお、CPU2106は、これ以外の目的の作業にも関わるものであっても良い。たとえば、パーソナルコンピュータやワードプロセッサなどのように、情報を生成したり処理する機能に直接関わってもよい。

【0195】あるいは、前述したように入出力インターフェース回路2105を介して外部のコンピュータネットワークと接続し、たとえば数値計算などの作業を外部機器と協同して行ってもよい。

【0196】また、入力部2114は、前記CPU2106に使用者が命令やプログラム、あるいはデータなどを入力するためのものであり、たとえば、キーボードやマウスのほか、ジョイスティック、バーコードリーダー、音声認識装置など多様な入力機器を用いることが可能である。

【0197】また、デコーダ2104は、前記2107ないし2113より入力される種々の画像信号を3原色信号、または、輝度信号とI信号、Q信号に逆変換するための回路である。なお、同図中に点線で示すように、デコーダ2104は内部に画像メモリを備えるのが望ましい。これは、たとえば、MUSE方式をはじめとして、逆変換するに際して画像メモリを必要とするようなテレビ信号を扱うためである。また、画像メモリを備えることにより、静止画の表示が容易になる、あるいは、前記画像生成回路2107およびCPU2106と協同して画像の間引き、補間、拡大、縮小、合成をはじめとする画像処理や編集が容易に行えるようになるという利点が生まれるからである。

【0198】また、マルチプレクサ2103は、前記CPU2106より入力される制御信号に基づき表示画像を適宜選択するものである。すなわち、マルチプレクサ2103はデコーダ2104から入力される逆変換された画像信号のうちから所望の画像信号を選択して駆動回路2101に出力する。その場合には、一画面表示時間内で画像信号を切り替えて選択することにより、いわゆる多画面テレビのように、一画面を複数の領域に分けて領域によって異なる画像を表示することも可能である。

【0199】また、ディスプレイパネルコントローラ2102は、前記CPU2106より入力される制御信号に基づき駆動回路2101の動作を制御するための回路である。

【0200】まず、ディスプレイパネルの基本的な動作にかかわるものとして、たとえばディスプレイパネルの駆動用電源（図示せず）の動作シーケンスを制御するための信号を駆動回路2101に対して出力する。また、ディスプレイパネルの駆動方法に関わるものとして、たとえば画面表示周波数や走査方法（たとえばインターレースかノンインターレースか）を制御するための信号を駆動回路2101に対して出力する。

【0201】また、場合によっては、表示画像の輝度や

コントラストや色調やシャープネスといった画質の調整に関わる制御信号を駆動回路2101に対して出力する場合もある。

【0202】また、駆動回路2101は、ディスプレイパネル2100に印加する駆動信号を発生するための回路であり、前記マルチプレクサ2103から入力される画像信号と、前記ディスプレイパネルコントローラ2102より入力される制御信号に基づいて動作するものである。

【0203】以上、各部の機能を説明したが、図23に例示した構成により、本表示装置においては多様な画像情報源より入力される画像情報をディスプレイパネル2100に表示することが可能である。

【0204】すなわち、テレビジョン放送をはじめとする各種の画像信号はデコーダ2104において逆変換された後、マルチプレクサ2103において適宜選択され、駆動回路2101に入力される。一方、ディスプレイコントローラ2102は、表示する画像信号に応じて駆動回路2101の動作を制御するための制御信号を発生する。駆動回路2101は、上記画像信号と制御信号に基づいてディスプレイパネル2100に駆動信号を印加する。これにより、ディスプレイパネル2100において画像が表示される。これらの一連の動作は、CPU2106により統括的に制御される。

【0205】また、本表示装置においては、デコーダ2104に内蔵する画像メモリや、画像生成回路2107およびCPU2106が関与することにより、単に複数の画像情報の中から選択したものを表示するだけでなく、表示する画像情報に対して、たとえば、拡大、縮小、回転、移動、エッジ強調、間引き、補間、色変換、画像の縦横比変換などをはじめとする画像処理や、合成、消去、接続、入れ換え、はめ込みなどをはじめとする画像編集を行うことも可能である。

【0206】また、本実施の形態の説明では特に触れなかったが、上記画像処理や画像編集と同様に、音声情報に関しても処理や編集を行うための専用回路を設けてもよい。

【0207】したがって、本表示装置は、テレビジョン放送の表示機器、テレビ会議の端末機器、静止画像および動画を扱う画像編集機器、コンピュータの端末機器、ワードプロセッサをはじめとする事務用端末機器、ゲーム機などの機能を一台で兼ね備えることが可能で、産業用あるいは民生用として極めて応用範囲が広い。

【0208】なお、図23は、表面伝導型放出素子を電子ビーム源とするディスプレイパネルを用いた表示装置の構成の一例を示したにすぎず、これのみに限定されるものではないことは言うまでもない。たとえば、図23の構成要素のうち使用目的上必要のない機能に関わる回路は省いても差し支えない。

【0209】また、これとは逆に、使用目的によっては

さらに構成要素を追加してもよい。たとえば、本表示装置をテレビ電話機として応用する場合には、テレビカメラ、音声マイク、照明機、モデムを含む送受信回路などを構成要素に追加するのが好適である。

【0210】本表示装置においては、とりわけ表面伝導型放出素子を電子ビーム源とするディスプレイパネルが容易に薄形化できるため、表示装置全体の奥行きを小さくすることが可能である。それに加えて、表面伝導型放出素子を電子ビーム源とするディスプレイパネルは大画面化が容易で輝度が高く視野角特性にも優れるため、本表示装置は臨場感あふれ迫力に富んだ画像を視認性良く表示する事が可能である。

【0211】なお、本発明は、複数の機器（例えばホストコンピュータ、インタフェイス機器、リーダ、プリンタなど）から構成されるシステムに適用しても、一つの機器からなる装置（例えば、複写機、ファクシミリ装置など）に適用してもよい。

【0212】以上説明したように本発明に係る実施の形態によれば、基板上に複数の冷陰極電子放出素子が作製されて成る電子源と、該電子源が作製された基板と対向して配置され、前記複数の冷陰極電子放出素子から放出された電子の照射を受けて発光し画像を形成するR

（赤）、G（緑）、B（青）3原色蛍光体が内面に塗布されたカラー画像表示面を有すフェースプレートと、該電子源が作製された基板と該フェースプレートとの間隔を所定の距離に保持するための複数のスペーサとを少なくとも有する画像表示装置において、前記画像表示面は、各色ごとに区分された複数の蛍光体が成す配列が、画像表示面水平方向に沿った行に対し、列が格子状に直交しているか、あるいは斜めに交差するように構成されており、かつ、該直交あるいは斜めに交差した行列状の蛍光体配列のそれぞれ隣接する2行2列に蛍光体R

（赤）、G（緑）、B（青）と、該蛍光体と同一形状の非発光部とからなる4単位を一組として配置してカラー画像表示の最小単位の画素とし、該画素が多数連続することで構成されていることにより、また、前記スペーサが、前記画素内の非発光部において、フェースプレートと当接しており、前記画素内の非発光部のうちスペーサが当接している非発光部を挟んで行方向において隣合う蛍光体に電子を照射するための前記電子放出素子への電圧印加方向は、行方向に沿って、該スペーサ当接部を中心に互に向かい合うように、少なくとも該スペーサ当接部の両側では電圧印加方向が反転していることとすることにより、スペーサを必要とする平面型の画像表示装置において、該スペーサの位置合わせ余裕を大きくでき、装置の作製の容易となる効果があった。

【0213】また、画像表示にスペーサ当接部を目立たなく配置できるため、表示品位の高い画像表示装置が得られる効果があった。

【0214】さらに、スペーサ当接部の位置合わせ時の

余裕を十分とつても蛍光体面積を小さくする必要が無く、装置の高輝度化に効果があった。

【0215】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、スペーサを有する平面型の画像表示装置において、電子放出素子を高密度に安価に実装可能で、高品質の画像を表示することができる。

【0216】

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の冷陰極素子を用いた平面画像表示装置の断面図である。

【図2】従来の冷陰極素子を用いた平面画像表示装置の蛍光面の図である。

【図3】従来の冷陰極素子を用いた平面画像表示装置のスペーサ設置を行うための蛍光面の図である。

【図4】従来のスペーサとフェースプレート内面との接合法を示す図である。

【図5】従来の表面伝導型放出素子の一例を示す図である。

【図6】本発明の第一の実施の形態の画像表示装置の画素を示す画像表示面の拡大図である。

【図7】本発明の第一の実施の形態の画像表示装置の画像表示面の図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態である画像表示装置の表示パネルの一部を切り欠いて示した斜視図である。

【図9】第1の実施の形態で用いた平面型の表面伝導型放出素子の平面（a）及び断面形状（b）を示す図である。

【図10】平面型の表面伝導型放出素子の製造行程を示す断面図である。

【図11】通電フォーミング処理の際の印加電圧波形を示す図である。

【図12】通電活性化処理の際の印加電圧波形（a）と、通電活性化処理の際の放出電流  $I_e$  の変化（b）を示す図である。

【図13】第1の実施の形態で用いた垂直型の表面伝導型放出素子の断面図である。

【図14】垂直型の表面伝導型放出素子の製造工程を示す断面図である。

【図15】第1の実施の形態で用いた表面伝導型放出素子の典型的な特性を示すグラフ図である。

【図16】第1の実施の形態で用いたマルチ電子ビーム源の基板の平面図である。

【図17】第1の実施の形態で用いたマルチ電子ビーム源の基板の一部断面図である。

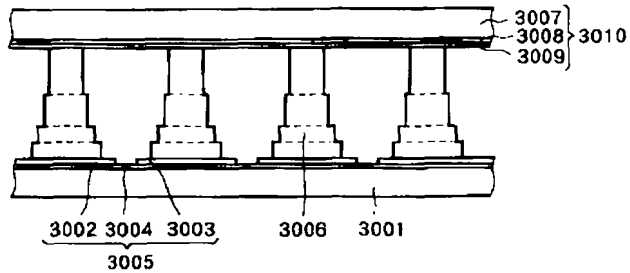
【図18】本発明の第一の実施の形態の画像表示装置の断面図である。

【図19】本発明の第二の実施の形態の画像表示装置の電子放出素子と画像表示面との対応を説明するための図である。

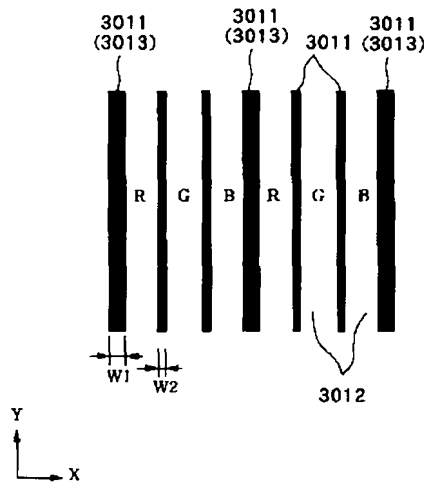
【図20】本発明の第二の実施の形態の画像表示装置の断面図である。

【図21】本発明の第三の実施の形態の画像表示装置の画像表示面の図である。

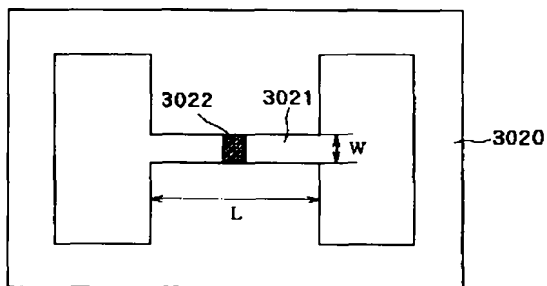
【図1】



【図3】



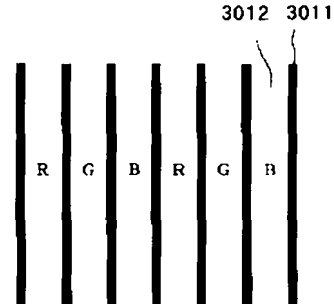
【図5】



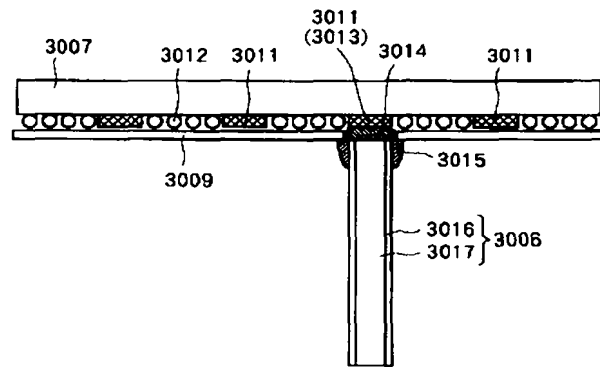
【図22】本発明の第四の実施の形態の画像表示装置の画像表示面の図である。

【図23】本発明の実施の形態である画像表示装置を用いた多機能画像表示装置のブロック図である。

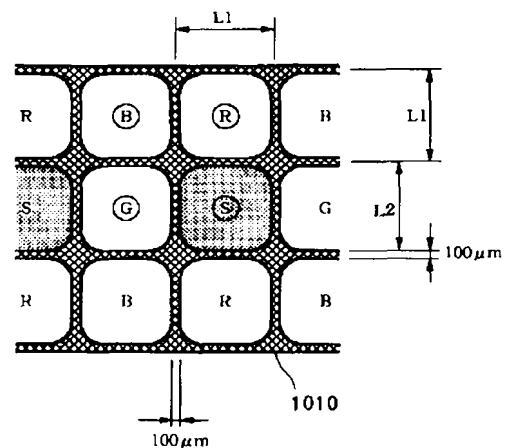
【図2】



【図4】



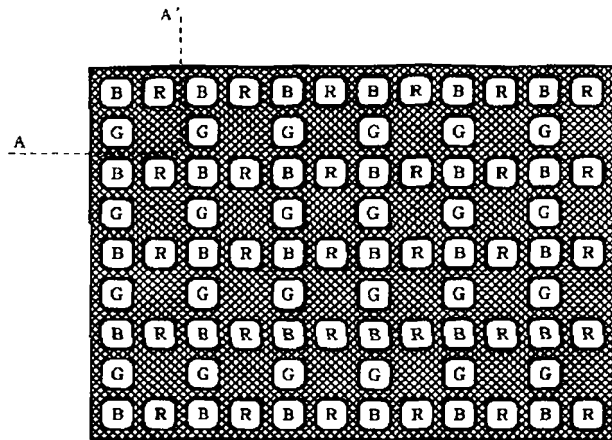
【図6】



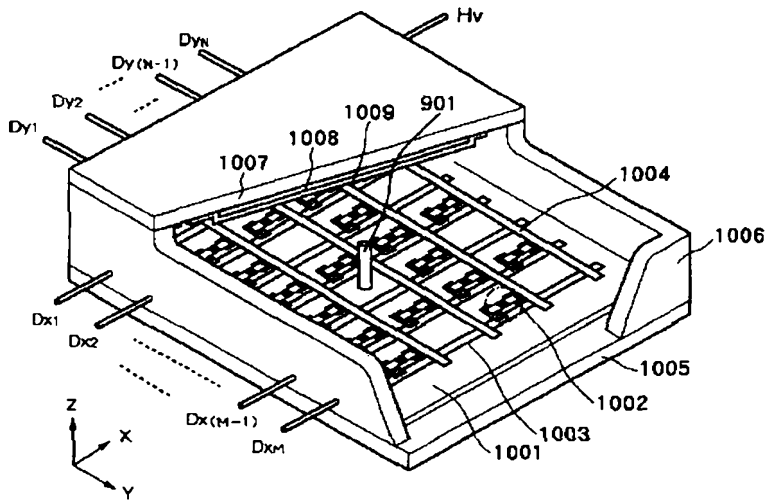
R : 赤色蛍光体  
G : 緑色蛍光体  
B : 青色蛍光体



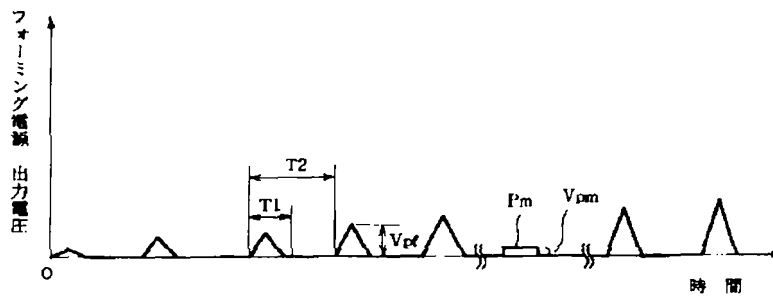
【図7】



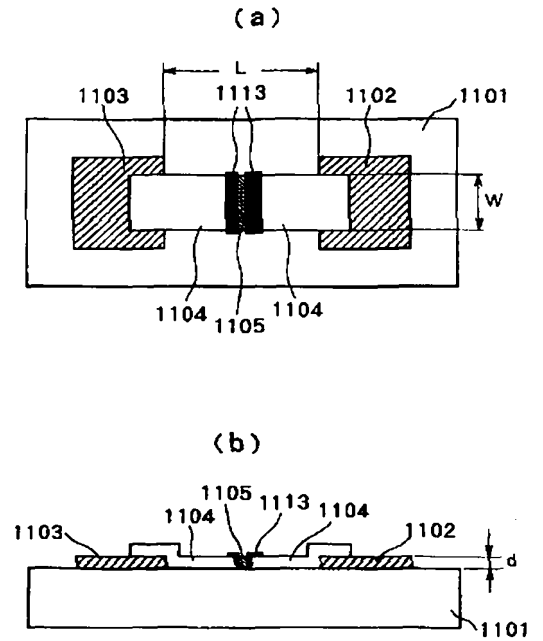
【図8】



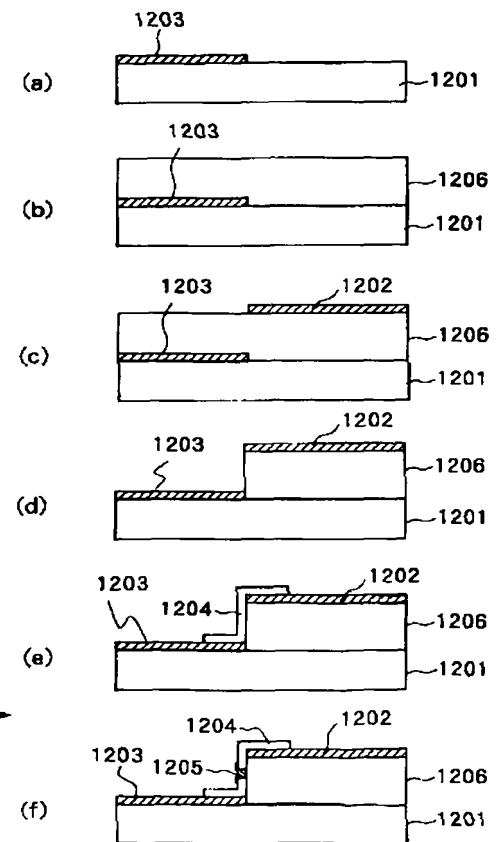
【図11】



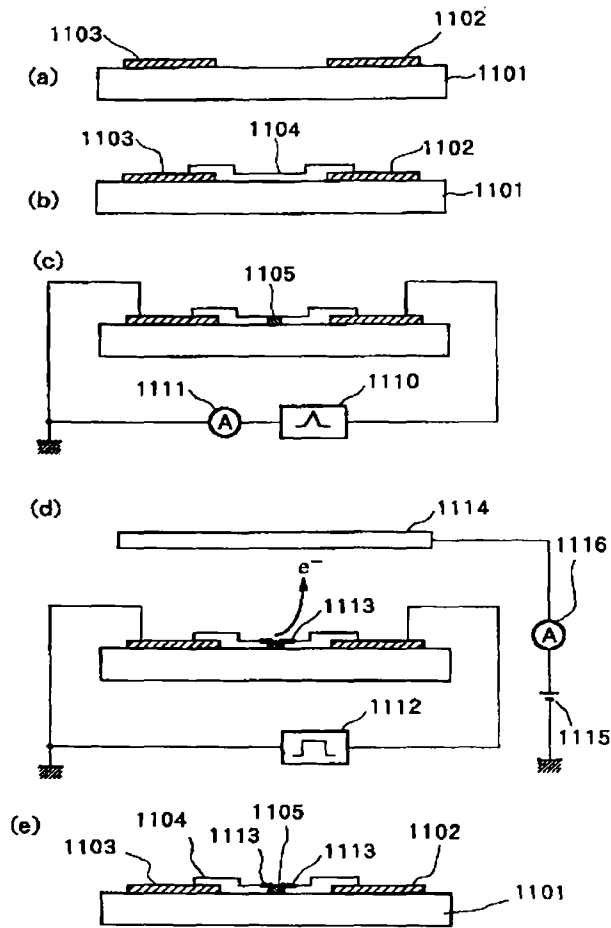
【図9】



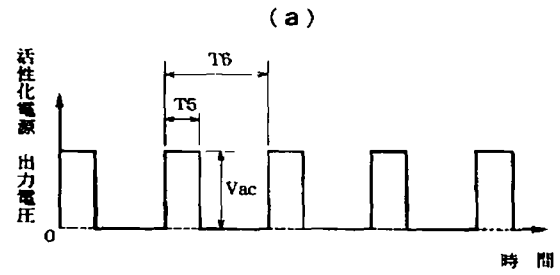
【図14】



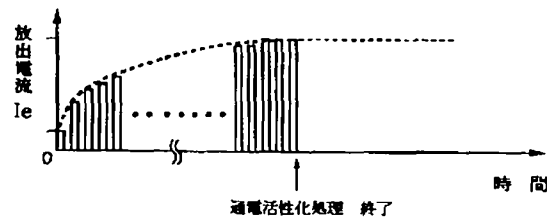
【図10】



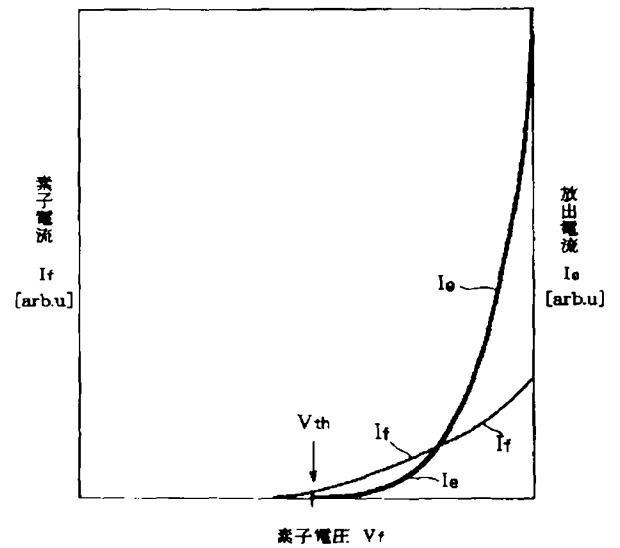
【図12】



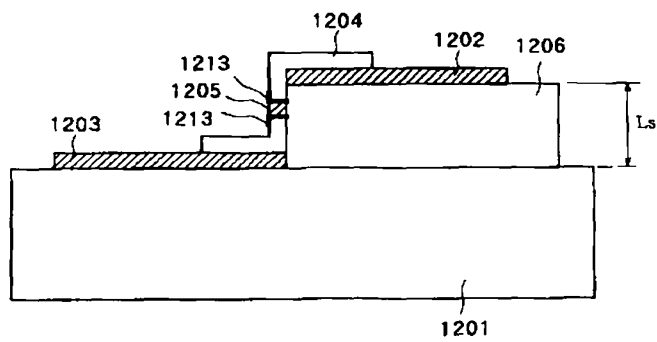
(b)



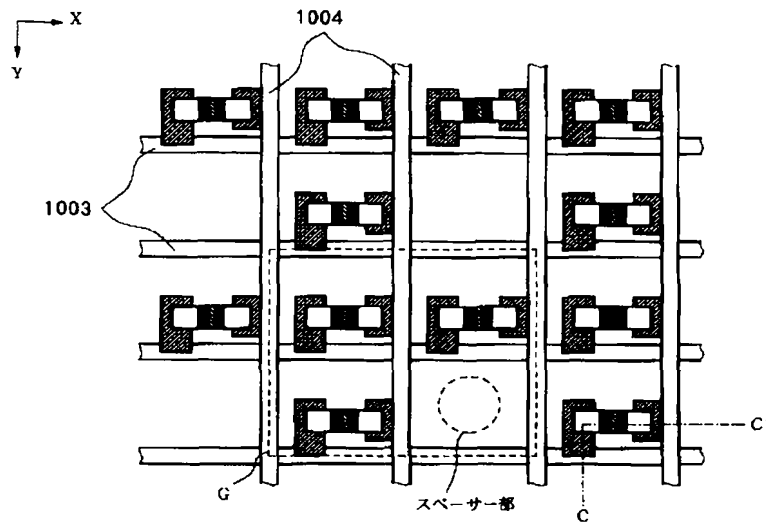
【図15】



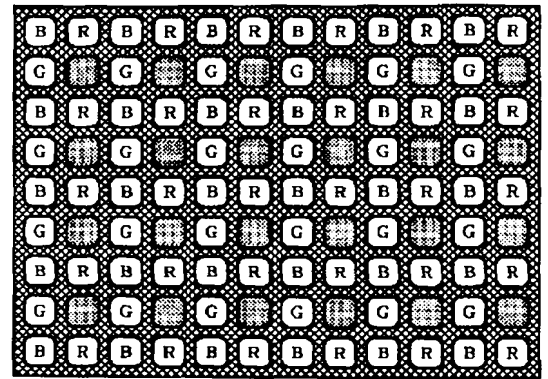
【図13】



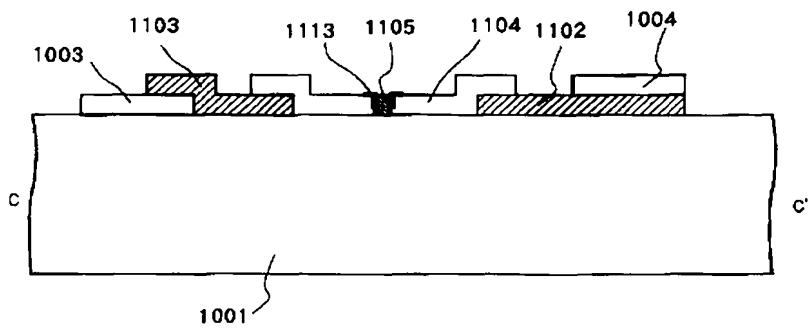
【図16】



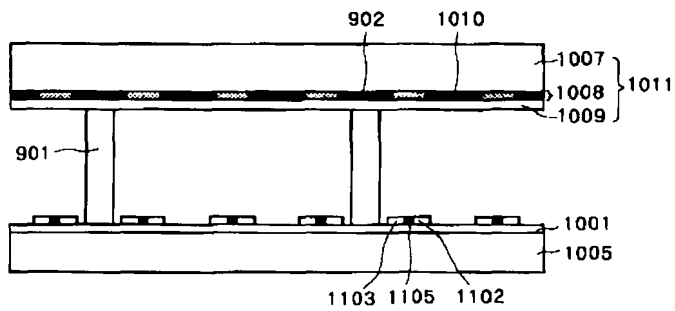
【図22】



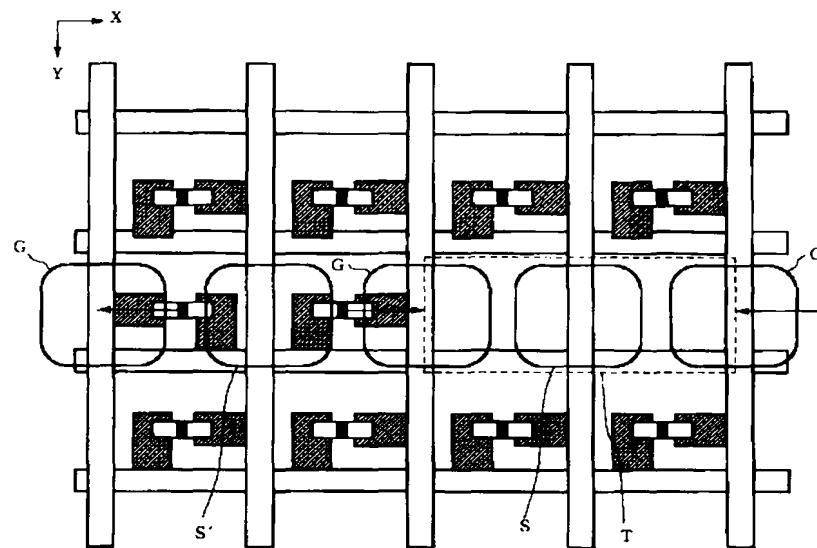
【図17】



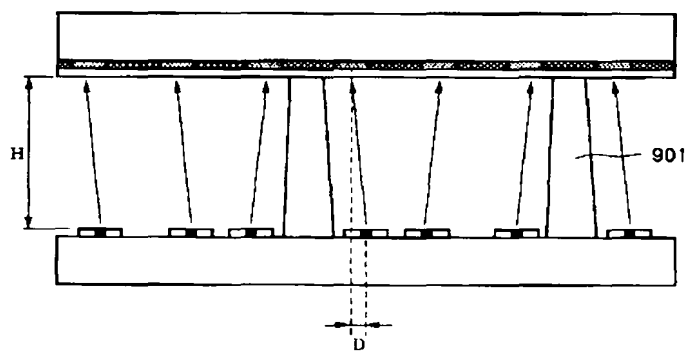
【図18】



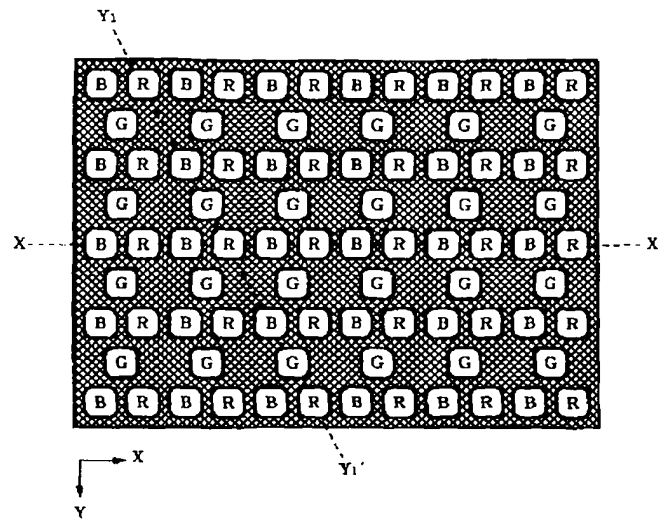
【図19】



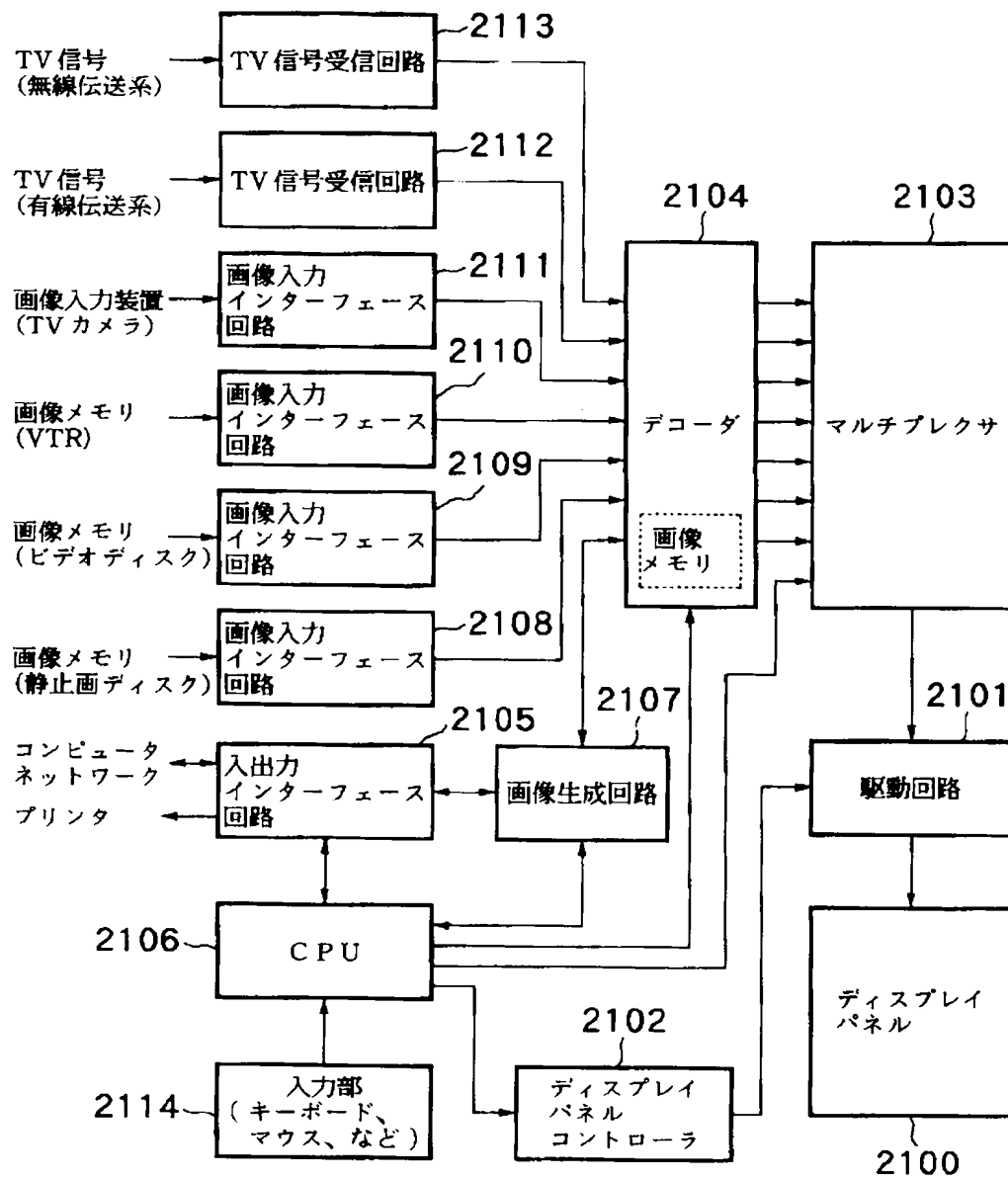
【図20】



【図 21】



【図23】



(11) Japanese Patent Laid-Open No. 10-188861

(43) Laid-Open Date: July 21, 1998

(21) Application No. 8-346302

(22) Application Date: December 25, 1996

(71) Applicant: Canon Kabushiki Kaisha

(72) Inventor: Naoto NAKAMURA et al.

(74) Agent: Patent Attorney, Yasunori OTSUKA, and one other

(54) [Title of the invention] AN IMAGE DISPLAY METHOD AND  
AN APPARATUS THEREOF

(57) [Abstract]

[Object] To provide an image display apparatus and an image display method on which electron-emitting devices can be mounted at low cost and which can display an image of high quality in a flat type image display apparatus having spacers.

[Solving Means] A pixel has R, G, B fluorescent substances and a non-emitting portion (S), which has the same shape as that of the fluorescent substances, in adjacent two rows and two columns in intersecting row and column directions. Then, an image display surface is formed by continuously forming the pixels in X- and Y-directions. Spacers are disposed such that they are concealed by black stripes for partitioning the R, G, B fluorescent substances.

[Claims]

[Claim 1] An image display apparatus comprising an electron source that comprises a plurality of cold cathode electron-emitting devices disposed on a substrate, a face plate disposed in confrontation with the substrate and having an image display surface that includes a plurality of colors of fluorescent substances applied onto the inner surface thereof to form an image by emitting light when they are irradiated with the electrons emitted from the plurality of cold cathode electron-emitting devices, and a plurality of spacers for keeping the interval between the substrate and the face plate at a predetermined distance, characterized in that the plurality of fluorescent substances, which are partitioned in respective colors, are disposed such that the columns of the fluorescent substances intersect or obliquely intersect the rows of the fluorescent substances disposed along the horizontal direction of the image display surface in a grid pattern, that three color fluorescent substances and a region, against which the spacers are abutted, are disposed as one set in each of adjacent two rows and two columns of the fluorescent substances disposed as above, and that the one set of the three color fluorescent substances and the region constitutes a minimum unit pixel for displaying a color image.

[Claim 2] An image display apparatus according to claim 1,



characterized in that the plurality of colors of the fluorescent substances are R (red), G (green), and B (blue) fluorescent substances.

[Claim 3] An image display apparatus according to claim 1, characterized in that a voltage is applied in an inverted direction to the electron-emitting devices for irradiating electrons to the fluorescent substances disposed adjacent to each other across the regions against which the spacers are abutted.

[Claim 4] An image display apparatus according to claim 1, characterized in that the cold cathode electron-emitting devices are surface-conduction emission type electron-emitting devices.

[Claim 5] An image display apparatus according to claim 1, characterized in that the regions against which the spacers are abutted comprise a black member.

[Claim 6] An image display method of an image display apparatus comprising an electron source that comprises a plurality of cold cathode electron-emitting devices disposed on a substrate, a face plate disposed in confrontation with the substrate and having an image display surface that includes a plurality of colors of fluorescent substances applied onto the inner surface thereof to form an image by emitting light when they are irradiated with the electrons emitted from the plurality of cold cathode electron-emitting

devices, and a plurality of spacers for keeping the interval between the substrate and the face plate at a predetermined distance, characterized in that the plurality of fluorescent substances, which are partitioned in respective colors, are disposed such that the columns of the fluorescent substances intersect or obliquely intersect the rows of the fluorescent substances disposed along the horizontal direction of the image display surface in a grid pattern, that three color fluorescent substances and a region, against which the spacers are abutted, are disposed as one set in each of adjacent two rows and two columns of the fluorescent substances disposed as above, and that the one set of the three color fluorescent substances and the region constitutes a minimum unit pixel for displaying a color image.

[Claim 7] An image display method according to claim 6, characterized in that the plurality of colors of the fluorescent substances are R (red), G (green), and B (blue) fluorescent substances.

[Claim 8] An image display method according to claim 6, characterized in that a voltage is applied in an inverted direction to the electron-emitting devices for irradiating electrons to the fluorescent substances disposed adjacent to each other across the regions against which the spacers are abutted.

[Claim 9] An image display method according to claim 6, characterized in that the cold cathode electron-emitting devices are surface-conduction emission type electron-emitting devices.

[Claim 10] An image display method according to claim 6, characterized in that the regions against which the spacers are abutted comprise a black member.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The present invention relates to an image display method and an image display apparatus, and more particularly to a flat type image display apparatus having a multiplicity of surface-conduction emission type electron-emitting devices.

[0002]

[Description of the Related Arts] Conventionally, an apparatus having a cross section as shown in FIG. 1 is known as a flat type image display apparatus using cold cathode electron-emitting devices (Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 2-299136).

[0003] The image display apparatus uses cold cathode electron-emitting devices called surface-conduction emission type electron-emitting devices and is arranged such that electron-emitting devices 3005 (each composed of electrodes

3002 and 3003 and an electron-emitting unit formed therebetween) are formed on a substrate 3001, and a face plate 3010 formed in confrontation with the substrate 3001 has a fluorescent surface 3008 formed on the inner surface of a glass sheet 3007. In a color image forming apparatus, the fluorescent surface 3008 is ordinarily formed such that after a black conduction material 3011 called black stripes as shown in FIG. 2 and fluorescent substances 3012 are ordinarily patterned on the glass sheet 3007, a metal back 3009 is formed so as to cover both the black stripes 3011 and the fluorescent substance 3012.

[0004] A purpose of forming the black stripes is to make mixed colors and the like inconspicuous by making the spaces between the respective three primary color fluorescent substances 1012, which are necessary on a color fluorescent surface, black and to prevent the deterioration of a contrast caused by external light reflected by the fluorescent surface 3008.

[0005] Further, purposes of the metal back 3009 are to prevent reduction of a potential caused by charges (electrons) stored in the fluorescent substances 3012 that generally have a high specific resistance of  $10^{10}$  to  $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$  to thereby act an electrode for applying an electron beam accelerating voltage, to improve brightness by mirror reflecting the light, which is directed to the inside of the

apparatus, of the light emitted by the fluorescent substances, and to protect the fluorescent substances 3012 from being damaged by collision of negative ions. Ordinarily, aluminum is used as a material suitable for the above purposes.

[0006] The metal back 3009 is formed by vacuum depositing aluminum after the back stripes 3011 and the fluorescent substances 3012 are patterned and subjected to processing called filming (applying an organic film on the back stripes 3011 and the fluorescent substances 3012). Then, the metal back 3009 is finished by baking and removing the organic film. However, since the fluorescent surface 3008, in particular, the metal back 3009 after the completion of the metal back processing has such a low strength that the metal back 3009 is exfoliated when it is rubbed with a finger.

[0007] Further, a plurality of pressure resistant spacers 3006 are provided in order to keep the space between the substrate 3001, on which the electron-emitting devices 3005 are formed, and the face plate 3010 at an approximately constant interval against atmospheric pressure.

[0008] Further, the inventors propose a method of joining the spacers and the face plate in the flat type image display apparatus, which will be described with reference to typical figures shown in FIGS. 3 and 4.

[0009] In the face plate whose cross section is shown in

FIG. 4, the metal back 3009 abutted against spacer joint portions 3013 are patterned by an appropriate method such as a metal mask method when it is made, and portions from which the back stripes 3011 are exposed are formed.

[0010] As shown in FIG. 3, since the back stripes 3011 are linearly formed, the spacer joint portions 3013 are also formed linearly along the back stripes 3011. Further, the spacers 3006 (FIG. 4) are composed of a thin-sheet-like glass to make the overlapped portions thereof with the back stripes 3011 inconspicuous.

[0011] The spacers 3006 are fixed in such a manner that a flit glass 3014 is applied along the linear spacer joint portions 3013 using a dispenser and the like, the spacers 3006 composed of the glass sheet are aligned, and then the flit glass 3014 is baked at 410°C for 10 minutes or more.

[0012] Next, a conductive layer 3015 is formed by a spray method and the like so that the metal back 3009 is electrically connected to the side wall surfaces of the spacers 3006.

[0013] With the above processing, since no positional displacement is caused at the portions where the spacers are joined to the surface plate and the fluorescent surface and the metal back are not damaged, an image forming surface is not damaged and the metal back is not exfoliated, and electric discharge and the like are made unlikely to occur.

Further, particularly when the spacers 3006 are composed of a semiconductive film 3016 formed on the surface of a spacer base material 3017 so that unexpected charges such as electrons, ions, and the like do not stay on the wall surfaces of the spacers 3006, an electric field changes smoothly and electron beams are stably started because the spacers 3006 are electrically continuously connected to the metal back 3009 on the inner surface of the face plate.

[0014] Here, the surface-conduction emission type electron-emitting devices used as the electron-emitting devices 3005 are one of electron-emitting devices called cold cathode devices in contrast to thermionic cathode devices. Of these electron-emitting devices, field emission type electron-emitting devices (hereinafter, abbreviated as FE type electron-emitting devices), metal/insulator//metal type electron-emitting devices (hereinafter, abbreviated as MIM type electron-emitting devices), and the surface-conduction emission type electron-emitting devices are known as the cold cathode devices.

[0015] A known example of the FE type electron-emitting devices is described in W. P. Dyke & W. W. Dolan, "Field emission", Advance in Electron Physics, 8, 89 (1956), and C. A. Spindt, "Physical properties of thin-film field emission cathodes with molybdenum cones" by J. Appl. Phys., 47, 5248 (1976), etc.

[0016] Further, a known example of the MIM type electron-emitting devices is described in C. A. Mead, "Operation of tunnel-emission Devices" J. Appl. Phys., 32,646(1961), etc.

[0017] A known example of the surface-conduction emission type electron-emitting devices is described in, e.g., M. I. Elinson, "Radio E-ng. Electron Phys., 10, 1290 (1965) and other examples which will be described later.

[0018] The surface-conduction emission type electron-emitting device utilizes the phenomenon that electrons are emitted by a small-area thin film formed on a substrate by flowing a current parallel through the film surface. The surface-conduction emission type electron-emitting device includes electron-emitting devices using an Au thin film [G. Dittmer, "Thin Solid Films", 9, 317 (1972)], an  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$  thin film [M. Hartwell and C. G. Fonstad, "IEEE Trans. ED Conf.", 519 (1975)], a carbon thin film [Hisashi Araki et al., "Vacuum", Vol. 26, No. 1, p. 22 (1983)], and the like, in addition to an  $\text{SnO}_2$  thin film according to Elinson mentioned above.

[0019] FIG. 5 is a plan view showing the device by M. Hartwell et al. described above as a typical example of the device structures of these surface-conduction emission type electron-emitting devices. Referring to FIG. 5, reference numeral 3020 denotes a substrate; and 3021, a conductive thin film made of a metal oxide formed by sputtering. This



conductive thin film 3021 has an H-shaped pattern, as shown in FIG. 5. An electron-emitting portion 3022 is formed by performing electrification processing (referred to as forming processing to be described later) with respect to the conductive thin film 3021. An interval L in FIG. 5 is set to 0.5 to 1 [mm], and a width W is set to 0.1 [mm]. The electron-emitting portion 3022 is shown in a rectangular shape at the center of the conductive thin film 3021 for the sake of illustrative convenience. However, this does not exactly show the actual position and shape of the electron-emitting portion.

[0020] In the above surface-conduction emission type electron-emitting devices by M. Hartwell et al. and the like, typically the electron-emitting portion 3022 is formed by performing electrification processing called forming processing for the conductive thin film 3021 before electron emission. In forming processing, a constant DC voltage or a DC voltage which increases at a very low rate of, e.g., 1 V/min is applied across the conductive thin film 3021 to partially destroy or deform the conductive thin film 3021, thereby forming the electron-emitting portion 3022 with an electrically high resistance.

[0021] Note that the destroyed or deformed part of the conductive thin film 3021 has a fissure. Upon application of an appropriate voltage to the conductive thin film 3021

after forming processing, electrons are emitted near the fissure.

[0022]

[Problems to be Solved by the Invention] Since the above conventional example employs a stripe-shaped fluorescent surface (composed of fluorescent substances and black stripes) that is often used in CRTs, a fluorescent surface itself can be easily manufactured as well as the area of the fluorescent substances per unit area (hereinafter, referred to as a fluorescent substance area ratio) can be increased. However, in a flat type image display apparatus, in which a substrate, on which an electron source is formed, is disposed in confrontation with a face plate in a flat state, and in which spacers are disposed to keep the distance between the substrate and the face plate against atmospheric pressure, the spacers must be overlapped with the black stripes to make the spacers inconspicuous on an image display surface, and it is required to align them with a pinpoint accuracy, which make it difficult to manufacture the image display apparatus.

[0023] Further, to execute the alignment of the spacers with an allowance, the width of the black stripes must be increased at least at the portions where the spacers are abutted against the black stripes. When, however, the width of the black stripes is partially changed, it is made very

conspicuous on a screen. Thus, the width of the black stripes where the spacers are disposed must be entirely increased. As a result, it is difficult to increase the fluorescent substance area ratio when the manufacturing allowance for the overall apparatus is taken into consideration, from which a problem arises in that this arrangement is disadvantageous to increase brightness.

[0024] An object of the present invention, which was made in view of the above conventional example, is to provide an image display method and an image display apparatus capable of mounting electron-emitting devices very densely at low cost in a flat type image display apparatus having spacers.

[0025]

[Means for Solving by the Invention] To achieve the above object, an image display apparatus and an image display method of the present invention are arranged as described below. That is, in the image display apparatus comprising an electron source that comprises a plurality of cold cathode electron-emitting devices disposed on a substrate, a face plate disposed in confrontation with the substrate and having an image display surface that includes a plurality of colors of fluorescent substances applied onto the inner surface thereof to form an image by emitting light when they are irradiated with the electrons emitted from the plurality of cold cathode electron-emitting devices, and a plurality

of spacers for keeping the interval between the substrate and the face plate at a predetermined distance, the plurality of fluorescent substances, which are partitioned in respective colors, are disposed such that the columns of the fluorescent substances intersect or obliquely intersect the rows of the fluorescent substances disposed along the horizontal direction of the image display surface in a grid pattern, three color fluorescent substances and a region, against which the spacers are abutted, are disposed as one set in each of adjacent two rows and two columns of the fluorescent substances disposed as above, and the one set of the three color fluorescent substances and the region constitutes a minimum unit pixel for displaying a color image.

[0026] Further, another invention is arranged such that, in the image display method of the image display apparatus comprising an electron source that comprises a plurality of cold cathode electron-emitting devices disposed on a substrate, a face plate disposed in confrontation with the substrate and having an image display surface that includes a plurality of colors of fluorescent substances applied onto the inner surface thereof to form an image by emitting light when they are irradiated with the electrons emitted from the plurality of cold cathode electron-emitting devices, and a plurality of spacers for keeping the interval between the

substrate and the face plate at a predetermined distance, the plurality of fluorescent substances, which are partitioned in respective colors, are disposed such that the columns of the fluorescent substances intersect or obliquely intersect the rows of the fluorescent substances disposed along the horizontal direction of the image display surface in a grid pattern, three color fluorescent substances and a region, against which the spacers are abutted, are disposed as one set in each of adjacent two rows and two columns of the fluorescent substances disposed as above, and the one set of the three color fluorescent substances and the region constitutes a minimum unit pixel for displaying a color image.

[0027]

[Description of the Embodiments] An image display apparatus of the present invention will be explained in detail after the characteristic points thereof are summarized first.

[0028] The image display apparatus of the embodiment of the present invention includes at least an electron source that includes a plurality of cold cathode electron-emitting devices disposed on a substrate, a face plate disposed in confrontation with the substrate on which the electron source is formed and having a color image display surface that includes R, G, B three primary color fluorescent substances applied onto the inner surface thereof to form an

image by emitting light when they are irradiated with the electrons emitted from the plurality of cold cathode electron-emitting devices, and a plurality of spacers for keeping the interval between the substrate on which the electron source is formed and the face plate at a predetermined distance.

[0029] In the image display apparatus, the plurality of fluorescent substances, which are partitioned in respective colors, are disposed such that the columns of the fluorescent substances intersect or obliquely intersect the rows of the fluorescent substances disposed along the horizontal direction of the image display surface in a grid pattern as well as four units of components, i.e., R, G, B fluorescent substances and a non-emitting portion, which has the same shape as that of the fluorescent substances, are disposed as one set in each of adjacent two rows and two columns of the fluorescent substances disposed in the rows and columns of the fluorescent substances intersecting or obliquely intersecting each other so that the R, G, B fluorescent substances and the non-emitting portion constitute a minimum unit of a pixel for displaying an color image, and the image display surface is composed of a multiplicity of the pixels disposed continuously.

[0030] Further, in the image display apparatus in which the spacers are abutted against the face plate at the non-

emitting portions in the pixels, and the cold cathode electron-emitting devices have electron emitting portions between electrodes formed flatly on the substrate and emit electrons when a voltage is applied between the electrode, the voltage is applied to the electron-emitting devices, which irradiate electrons to the fluorescent substances adjacent to each other in a row direction across the non-emitting portions against which the spacers are abutted of the non-emitting portions in the pixels in such a manner that the direction in which the voltage is applied is inverted at least on both the sides of the portions where the spacers are abutted so that the directions in which the voltage is applied face each other across the spacer abutting portions in the row direction.

[0031] Further, in the embodiment according to the present invention, when the non-emitting portions in the pixels are made black, they have an effect of improving a contrast.

[0032] Further, it is preferable that the electron-emitting devices of the embodiment according to the present invention particularly be surface-conduction emission type electron-emitting devices among the cold cathode electron-emitting devices.

[0033] In a conventional image display surface, fluorescent substances are formed in a stripe shape (FIG. 3).

[0034] In contrast, in the embodiment according to the

present invention, one pixel has R, G, B fluorescent substances and a non-emitting portion (shown by S in the figure) that has the same shape as that of the fluorescent substances in each of adjacent two rows and two columns in intersecting row and column directions as shown in FIG. 6. That is, the one pixel is composed of the R, G, B fluorescent substances and the non-emitting portion S each surrounded by a circle in FIG. 6 (the portion partitioned by line A - A' in FIG. 7). Then, the image display surface is formed by continuously forming these components in X- and Y-directions.

[0035] In order to abut the spacers against the face plate inconspicuously in the conventional image display surface, the spacers are disposed so as to be concealed by the back stripes 3011 which partition the stripe-shaped R, G, B fluorescent substances (refer to FIG. 3). For this purpose, it is contemplated to dispose thin-sheet-shaped spacers along the back stripes 3011.

[0036] When, however, it is intended to make a display at high brightness by applying a high voltage to the fluorescent substances, a distance of several millimeters is necessary between the face plate and the substrate on which the electron-emitting devices are formed. Thus, it is preferable that the spacers for keeping the above distance be composed of a thin sheet having a thickness of about 200



$\mu\text{m}$  in consideration of the yield of the spacers when they are processed.

[0037] The back stripes 3011 formed between the R, G, B fluorescent substances can be formed by print and the like with a width  $W_2$  set to about  $100\ \mu\text{m}$ .

[0038] However, the width  $W_1$  of the black stripes at the spacer joint portions (spacer abutting portions) 3013 must be set in consideration of the allowance for positional displacement ( $W\ \mu\text{m}$  on one side) of the black stripes when they are made, in addition to the thickness of the thin sheets. Further, the spacers are disposed at intervals of several stripes of the fluorescent substances or at intervals of several tens of stripes of the fluorescent substances (the number and pitch of the spacers to be disposed are determined according to the cross sectional area of the spacers, the thicknesses of the face plate and the substrate on which the devices are formed, and the like). However, when the width of only the black stripes where the spacers are disposed is increased, the black stripes at the portions are made conspicuous on the screen. To cope with this problem, it is preferable to increase the width of the black stripes every three primary colors partitioned as shown in the figure and to dispose the spacers at an arbitrary pitch according to the necessary number of the spacers.

[0039] Accordingly, the fluorescent substance area ratio in the conventional stripe-shaped fluorescent surface is shown by the following expression (1)

$$((150 \times 3 / (150 \times 3 + 100 \times 2 + (200 + 2W))) \times 100 (\%) \quad \dots (1)$$

In the above expression, the stripe width of the fluorescent substances is set to 150  $\mu\text{m}$ , and each pixel is formed in a square shape whose one side is set to  $150 \times 3$  (three color fluorescent substances) +  $100 \times 2$  (black stripes) +  $(200 + 2W)$  (spacer abutting portion). When it is assumed  $W = 25 \mu\text{m}$ , the one side of one pixel is set to 900  $\mu\text{m}$ , and thus the fluorescent substance area ratio is set to 50%.

[0040] In contrast, in the embodiment of the present invention, when  $L1 = 450 \mu\text{m}$  in FIG. 6, one side  $L2$  of each fluorescent substance = 350  $\mu\text{m}$  because the width of the black stripes can be set to 100  $\mu\text{m}$  similarly to the width of the conventional black stripes.

[0041] In the embodiment of the present invention, one pixel is formed in a square shape having a side set to 900  $\mu\text{m}$  because each pixel is formed of four components arranged as one set, i.e., R, G, B fluorescent substances and the non-emitting portion that is formed in the same shape as that of the fluorescent substances.

[0042] The fluorescent substance area ratio in this case is  $(350 \times 350 \times 3) / 900 \times 900 = 45.4 (\%)$  because the ratio is equal to the fluorescent substance area ratio in one pixel.

[0043] From the above result, in the embodiment according to the present invention, the fluorescent substance area ratio is reduced on the image display surface, which seems undesirable from the view point of brightness. However, the allowance for positional dislocation and the like when the spacers are disposed must be taken into consideration here.

[0044] In FIG. 6, since the non-emitting portion having a size of 350  $\mu\text{m}$  square exists in each pixel, the spacer is aligned with the non-emitting portion and abutted thereagainst. Note that the spacer is preferably formed in a circular cylinder shape or a quadrangular prism shape in the embodiment in accordance with the shape of the non-emitting portion. At this time, when a circular cylindrical spacer of, for example, 300  $\mu\text{m}$  dia is used, the alignment allowance for the spacer is  $\pm 125$   $\mu\text{m}$  including the black stripe portion in both the X- and Y-directions. Accordingly, the alignment allowance for the spacer is greatly increased as compared with a conventional alignment allowance.

[0045] If the width W of the alignment allowance is set to 125  $\mu\text{m}$  in the conventional stripe shape, the fluorescent substance area ratio is 40% from the expression (1). In this case, however, a pixel pitch is set to 1 mm. Further, when the alignment allowance is set to 100  $\mu\text{m}$  or more while maintaining the pixel pitch of 900  $\mu\text{m}$ , the fluorescent substance area ratio is more reduced, which makes it

substantially impossible to dispose the fluorescent substances in the conventional stripe shape.

[0046] Conversely, when the alignment allowance is set to 25  $\mu\text{m}$  in the embodiment of the present invention, the diameter of the spacer can be set to 500  $\mu\text{m}$  (in the circular cylinder shape), which permits the spacers to be made easily.

[0047] As described above, in the thin type image display apparatus arranged on the premise that the spacers are disposed according to the embodiment of the present invention, the spacers can be very easily assembled in the apparatus so as not to be conspicuous as compared with the spacers of the conventional image display apparatus.

[0048] Further, when the arrangement of the fluorescent substances and the non-emitting portions of the pixels disposed according to the embodiment of the present invention is used, a multiplicity of the non-emitting portions in the pixels acting as the abutting portions to the spacers continuously disposed in the image display surface uniformly when they are viewed from various directions while securing a sufficient positional allowance for disposing the spacers (refer to FIG. 7). Accordingly, when an image is viewed from an appropriate distance of view, the non-emitting portions are almost inconspicuous.

[0049] Further, in the embodiment shown in FIGS. 6 and 7, the non-emitting portions in the pixels are composed of the

same material as that of the black stripes to reduce the external light reflectance of the image display surface. However, the non-emitting portions may be formed of a material having a reflectance near to that of the fluorescent substances as shown in the other embodiment of the present invention to make the non-emitting portions inconspicuous in the image display surface refer to FIG. 22).

[0050] The other embodiment according to the present invention can obtain particular advantages that cannot be obtained by the conventional art as shown below by, for example, disposing the flat surface-conduction emission type electron-emitting devices and the fluorescent substances in a matrix state so that the number of the devices corresponds to the number of fluorescent substances in the relationship of 1 : 1, disposing a spacer in one dot of the four dots adjacent to two rows and two columns, and inverting the direction in which a voltage is applied to two devices disposed adjacent to each other across the spacer. 1. A trapezoid spacer expanding downward can be used to increase an atmospheric pressure resistant strength;

[0051] 2. A large alignment allowance for the spacers can be obtained on the device side.

[0052] Obtaining the large alignment allowance for the spacer on the device side as shown in (2) is effective in a case in which after spacers are fixed (bonded) by a flit

first, a face plate, in which the spacers are fixed on a device substrate, is aligned and bonded. In this case, it is preferable that an allowance for disposing the spacers be larger on the device substrate side than on the face plate side. In a process for bonding the spacers, the following processing steps are executed. That is, 1. The flit (bonding agent) is applied to black stripes.

[0053] 2. The spacers are bonded on the face plate.

[0054] 3. The flat is applied to the device substrate.

[0055] 4. After the device substrate is aligned with the face plate on which the spacers are fixed, the spacers are bonded to the device substrate, and face plate is bonded to the device substrate. Accordingly, it is preferable that a space for allowing errors caused in the processes up to that time be provided on the device side (on the substrate on which the spacers are bonded later), that is, the spacer alignment allowance described above be large. It should be noted that, actually, it is necessary to allow various errors such as the design error of the black stripes, the design error of the wirings of the devices, and the like. In the embodiment according to the present invention, spaces for allowing these errors can be easily obtained.

[0056] The characteristic points of the embodiment according to the present invention have been described.

Next, the embodiment of the present invention will be

described in detail.

[0057] FIG. 8 is a partially cutaway outer perspective view of the display panel 1 used in this embodiment showing the internal structure of the display panel 1.

[0058] In FIG. 8, reference numeral 901 denotes a spacer; 1005 denotes a rear plate; 1006, a side wall; and 1007, a face plate. The rear plate 1005 to face plate 1007 constitute an airtight container for maintaining the inside of the display panel 1 vacuum.

[0059] To construct the airtight container, it is necessary to seal-connect the respective parts to obtain sufficient strength and maintain airtight condition. For example, frit glass is applied to junction portions, and sintered at 400 to 500°C in air or nitrogen atmosphere, thus the parts are seal-connected. A method for exhausting air from the inside of the container will be described later.

[0060] The rear plate 1005 has a substrate 1001 fixed thereon, on which  $N \times M$  cold cathode devices 1002 are formed. (In this case, both  $N$  and  $M$  are positive integers equal to 2 or more, and properly set in accordance with a desired number of display pixels. For example, in a display apparatus for high-resolution television display,  $N = 3,000$  or more, and  $M = 1,000$  or more are desirable. In this embodiment,  $N = 480$  or more,  $M = 240$ .) The  $N \times M$  cold cathode devices 1002 are arranged in a simple matrix with  $M$

row-direction wirings 1003 and N column-direction wirings 1004. The structure constituted by the components denoted by the substrate 1001 to column-direction wiring 1004 will be referred to as a multi electron source. The manufacturing method and structure of the multi electron source will be described in detail later.

[0061] In this embodiment, the substrate 1001 of the multi electron source is fixed to the rear plate 1005 of the airtight container. If, however, the substrate 1001 of the multi electron source has sufficient strength, the substrate 1001 of the multi electron source may also serve as the rear plate of the airtight container.

[0062] A fluorescent film 1008 is formed on the lower surface of the face plate 1007. As this embodiment concerns a color display apparatus, the fluorescent film 1008 is coated with red, green, and blue fluorescent substances, i.e., three primary color fluorescent substances used in the CRT field. As shown in FIG. 6, fluorescent substances of the respective colors are formed into rectangular shapes. Further, as shown in FIG. 6, a non-emitting portion (S) having the same shape as that of the fluorescent substances is formed. Black conductive members 1010 are provided between the stripes of the fluorescent substances and to the non-emitting portions. In FIG. 6, the non-emitting portions are shown in light black for convenience of explanation.



[0063] The purpose of providing the black conductive members 1010 is to prevent display color misregistration even if the irradiation position of an electron beam is shifted to some extent, to prevent degradation of display contrast by shutting off reflection of external light, to prevent the charge-up of the fluorescent film by an electron beam, and the like. As a material for the black conductive members 1010, graphite is used as a main component, but other materials may be used so long as the above purpose is attained.

[0064] Further, a metal back 1009, which is well-known in the CRT field, is provided on the fluorescent film 1008 on the rear plate side. The purpose of providing the metal back 1009 is to improve the light-utilization ratio by mirror-reflecting part of the light emitted by the fluorescent film 1008, to protect the fluorescent film 1008 from collision with negative ions, to be used as an electrode for applying an electron beam accelerating voltage, to be used as a conductive path for electrons which excited the fluorescent film 1008, and the like. The metal back 1009 is formed by forming the fluorescent film 1008 on the face plate substrate 1007, smoothing the front surface of the fluorescent film, and depositing Al (aluminum) thereon by vacuum deposition.

[0065] For application of an accelerating voltage or

improvement of the conductivity of the fluorescent film, transparent electrodes made of ITO or the like may be provided between the face plate substrate 1007 and fluorescent film 1008, although such electrodes are not used in this embodiment.

[0066] Further, Dx1 to DxM, Dy1 to DyN, and Hv are electric connection terminals for an airtight structure provided to electrically connect the display panel to electric circuits (not shown). The row terminals Dx1 to DxM are connected to the row-direction wirings 1003 of the multi electron source, the column terminals Dy1 to DyN are connected to the column-direction wirings 1004 of the multi electron source, and the terminal Hv is electrically connected to the metal back 1009 of the face plate.

[0067] To evacuate the airtight container, the airtight container is formed, then an exhaust pipe and vacuum pump (neither is shown) are connected, and the airtight container is evacuated to a vacuum of about  $10^{-7}$  [Torr]. Thereafter, the exhaust pipe is sealed. To maintain the vacuum in the airtight container, a getter film (not shown) is formed at a predetermined position in the airtight container immediately before/after sealing. The getter film is formed by heating and evaporating a getter material mainly containing, e.g., Ba, by a heater or RF heating. The suction effect of the getter film maintains a vacuum of  $1 \times 10^{-5}$  or  $1 \times 10^{-7}$  [Torr]

in the airtight container.

[0068] The basic structure and manufacturing method of the display panel 1 according to this embodiment have been briefly described above.

[0069] A method of manufacturing the multi electron source used in the display panel of this embodiment will be described below. The multi electron source used in the image display apparatus of this embodiment is not particularly limited in the material, shape, and manufacturing method of the surface-conduction emission type electron-emitting devices as long as the electron source is constituted by wiring the surface-conduction emission type electron-emitting devices in a simple matrix.

[0070] Further, the present inventors have found that among the surface-conduction emission type electron-emitting devices, an electron source having an electron-emitting portion or its peripheral portion made of a fine particle film is excellent in electron-emitting characteristic and can be easily manufactured.

[0071] Accordingly, such a device can therefore be most suitably used for the multi electron source of a high-brightness, large-screen image display apparatus. For this reason, the display panel of this embodiment uses surface-conduction emission type electron-emitting devices each having an electron-emitting portion or its peripheral

portion made of a fine particle film. The basic structure, manufacturing method, and characteristics of the preferred surface-conduction emission type electron-emitting device will be described first. Then, the structure of the multi electron source having many devices arranged in a simple matrix will be described.

(Preferred Structure and Manufacturing Method of Surface-Conduction Emission Type Electron-Emitting Device)  
Typical examples of surface-conduction emission type electron-emitting devices each having an electron-emitting portion or its peripheral portion made of a fine particle film include two types of devices, namely flat and step type devices.

(Flat Surface-Conduction Emission Type Electron-Emitting Device) First, the structure and manufacturing method of a flat surface-conduction emission type electron-emitting device will be described. FIG. 9(a) is a plan view for explaining the structure of the flat surface-conduction emission type electron-emitting device, and FIG. 9(b) is a sectional view thereof.

[0072] In FIGS. 9(a) and 9(b), reference numeral 1101 denotes a substrate; 1102 and 1103, device electrodes; 1104, a conductive thin film; 1105, an electron-emitting portion formed by forming processing; and 1113, a thin film formed by activation processing.

[0073] As the substrate 1101, various glass substrates of, e.g., quartz glass and soda-lime glass, various ceramic substrates of, e.g., alumina, or any of those substrates with, e.g., an  $\text{SiO}_2$  insulating layer formed thereon can be employed.

[0074] The device electrodes 1102 and 1103, provided in parallel to the substrate 1101 and opposing to each other, comprise conductive material. For example, any material of metals such as Ni, Cr, Au, Mo, W, Pt, Ti, Cu, Pd and Ag, or alloys of these metals, otherwise metal oxides such as  $\text{In}_2\text{O}_3$ - $\text{SnO}_2$ , or semiconductive material such as polysilicon, can be employed.

[0075] These electrodes 1102 and 1103 can be easily formed by the combination of a film-forming technique such as vacuum-evaporation and a patterning technique such as photolithography or etching, however, any other method (e.g., printing technique) may be employed.

[0076] The shape of the electrodes 1102 and 1103 is appropriately designed in accordance with an application object of the electron-emitting device. Generally, an interval L between electrodes is designed by selecting an appropriate value in a range from several hundreds of angstroms to several hundreds one-dimensional micrometers. Most preferable range for a display apparatus is from several micrometers to several tens of micrometers. As for

electrode thickness d, an appropriate value is selected in a range from several hundreds of angstroms to several micrometers.

[0077] The conductive thin film 1104 comprises a fine particle film. The "fine particle film" is a film which contains a lot of fine particles (including masses of particles) as film-constituting members. In microscopic view, normally individual particles exist in the film at predetermined intervals, or in adjacent to each other, or overlapped with each other.

[0078] One particle of the fine particle film has a diameter within a range from several angstroms to several thousands of angstroms. Preferably, the diameter is within a range from 10 angstroms to 200 angstroms. The thickness of the fine particle film is appropriately set in consideration of conditions as follows. That is, condition necessary for electrical connection to the device electrode 1102 or 1103, condition for forming processing to be described later, condition for setting electrical resistance of the fine particle film itself to an appropriate value to be described later etc.

[0079] Specifically, the thickness of the film is set in a range from several angstroms to several thousands of angstroms, more preferably, 10 angstroms to 500 angstroms.

[0080] Materials used for forming the fine particle film

are, e.g., metals such as Pd, Pt, Ru, Ag, Au, Ti, In, Cu, Cr, Fe, Zn, Sn, Ta, W, and Pb, oxides such as PdO, SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, PbO, and Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, borides such as HfB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>, LaB<sub>6</sub>, CeB<sub>6</sub>, YB<sub>4</sub> and, GdB<sub>4</sub>, carbides such as TiC, ZrC, HfC, TaC, SiC, and WC, nitrides such as TiN, ZrN, and HfN, semiconductors such as Si and Ge, and carbons. Any of appropriate material(s) is appropriately selected.

[0081] As described above, the conductive thin film 1104 is formed with a fine particle film, and sheet resistance of the film is set to reside within a range from  $10^3$  to  $10^7$  [ $\Omega/\text{sq}$ ].

[0082] As it is preferable that the conductive thin film 1104 is electrically connected to the device electrodes 1102 and 1103, they are arranged so as to overlap with each other at one portion. In FIGS. 9(a) and 9(b), the respective parts are overlapped in order of, the substrate, the device electrodes, and the conductive thin film, from the bottom. This overlapping order may be the substrate, the conductive thin film, and the device electrodes, from the bottom.

[0083] The electron-emitting portion 1105 is a fissured portion formed at part of the conductive thin film 1104. The electron-emitting portion 1105 has a resistance characteristic higher than peripheral conductive thin film. The fissure is formed by forming processing to be described later on the conductive thin film 1104. In some cases,

particles, having a diameter of several angstroms to several hundreds of angstroms, are arranged within the fissured portion. As it is difficult to exactly illustrate actual position and shape of the electron-emitting portion, therefore, FIGS. 9(a) and 9(b) show the fissured portion schematically.

[0084] The thin film 1113, which comprises carbon or carbon compound material, covers the electron-emitting portion 1115 and its peripheral portion. The thin film 1113 is formed by activation processing to be described later after forming processing.

[0085] The thin film 1113 is preferably graphite monocrystalline, graphite polycrystalline, amorphous carbon, or mixture thereof, and its thickness is 500 angstroms or less, more preferably, 300 angstroms or less. As it is difficult to exactly illustrate actual position or shape of the thin film 1113, FIGS. 9(a) and 9(b) show the film schematically. FIG. 9(a) shows the device where part of the thin film 1113 is removed.

[0086] The preferred basic structure of the device is described above. In this embodiment, the device has the following constituents.

[0087] That is, the substrate 1101 comprises a soda-lime glass, and the device electrodes 1102 and 1103, an Ni thin film. The electrode thickness  $d$  is 1,000 [angstroms] and



the electrode interval L is 2 [micrometers].

[0088] The main material of the fine particle film is Pd or PdO. The thickness of the fine particle film is about 100 angstroms, and its width W is 100 micrometers.

[0089] Next, a method of manufacturing a preferred flat surface-conduction emission type electron-emitting device will be described. FIGS. 10(a) to 10(e) are sectional views for explaining the manufacturing processes of the surface-conduction emission type electron-emitting device according to this embodiment. Note that reference numerals are the same as those in FIGS. 9(a) and 9(b).

[0090] 1) First, as shown in FIG. 10(a), the device electrodes 1102 and 1103 are formed on the substrate 1101.

[0091] In forming these electrodes 1102 and 1103, first, the substrate 1101 is fully washed with a detergent, pure water and an organic solvent, then, material of the device electrodes is deposited there. As a depositing method, a vacuum film-forming technique such as evaporation and sputtering may be used.

[0092] Thereafter, patterning using a photolithography etching technique is performed on the deposited electrode material. Thus, the pair of device electrodes (1102 and 1103) shown in FIG. 10(a) are formed.

[0093] 2) Next, as shown in FIG. 10(b), the conductive thin film 1104 is formed.

[0094] In forming the conductive thin film 1104, first, an organic metal solvent is applied to the substrate of FIG. 10(a), then the applied solvent is dried and sintered, thus forming a fine particle film. Thereafter, the fine particle film is patterned into a predetermined shape by the photolithography etching method. The organic metal solvent means a solvent of organic metal compound containing material of fine particles, used for forming the conductive thin film, as a main element. More specifically, Pd is used as a main element in this embodiment.

[0095] In this embodiment, application of organic metal solvent is made by dipping, however, any other method such as a spinner method and spraying method may be employed.

[0096] As a film-forming method of the conductive thin film made with the fine particle film, application of organic metal solvent used in this embodiment can be replaced with any other method such as a vacuum evaporation method, a sputtering method or a chemical vapor-phase accumulation method.

[0097] 3) Then, as shown in FIG. 10(c), an appropriate voltage is applied between the device electrodes 1102 and 1103, from a power source 1110 for forming processing, then forming processing is performed, thus forming the electron-emitting portion 1105.

[0098] The forming processing here is electric energization

of a conductive thin film 1104 made of a fine particle film to appropriately destroy, deform, or deteriorate part of the conductive thin film, thus changing the film to have a structure suitable for electron emission. Of the conductive thin film made of the fine particle film, the portion changed for electron emission (i.e., electron-emitting portion 1105) has an appropriate fissure in the thin film.

[0099] Comparing the thin film 1104 having the electron-emitting portion 1105 with the thin film before forming processing, the electrical resistance measured between the device electrodes 1102 and 1103 has greatly increased.

[0100] The electrification method will be explained in more detail with reference to FIG. 11 showing an example of waveform of appropriate voltage applied from the forming power source 1110. Preferably, in case of forming a conductive thin film of a fine particle film, a pulse-like voltage is employed. In this embodiment, as shown in FIG. 11, a triangular-wave pulse having a pulse width  $T_1$  is continuously applied at pulse interval of  $T_2$ . Upon application, a peak value  $V_{pf}$  of the triangular-wave pulse is sequentially increased. Further, a monitor pulse  $P_m$  to monitor status of forming the electron-emitting portion 1105 is inserted between the triangular-wave pulses at appropriate intervals, and current that flows at the insertion is measured by a galvanometer 1111.

[0101] In this embodiment, in  $10^{-5}$  [Torr] vacuum atmosphere, the pulse width  $T_1$  is set to 1 [msec]; and the pulse interval  $T_2$ , to 10 [msec]. The peak value  $V_{pf}$  is increased by 0.1 V, at each pulse. Each time the triangular-wave has been applied for five pulses, the monitor pulse  $P_m$  is inserted. To avoid ill-effecting forming processing, a voltage  $V_{pm}$  of the monitor pulse is set to 0.1 [V]. When the electrical resistance between the device electrodes 1102 and 1103 becomes  $1 \times 10^6$  [ $\Omega$ ], i.e., the current measured by the galvanometer 1111 upon application of monitor pulse becomes  $1 \times 10^7$  [A] or less, the electrification of forming processing is terminated.

[0102] Note that the above processing method is preferable to the surface-conduction emission type electron-emitting device of this embodiment. In case of changing the design of the surface-conduction emission type electron-emitting device concerning, e.g., the material or thickness of the fine particle film, or the device electrode interval  $L$ , the conditions for electrification are preferably changed in accordance with the change of device design.

[0103] 4) Next, as shown in FIG. 10(d), appropriate voltage is applied, from an activation power source 1112, between the device electrodes 1102 and 1103, and activation processing is performed to improve electron-emitting characteristic.

[0104] The activation processing here is electrification of the electron-emitting portion 1105 formed by forming processing, on appropriate condition(s), for depositing carbon or carbon compound around the electron-emitting portion 1105. (In FIG. 10(d), the deposited material of carbon or carbon compound is shown as material 1113.) Comparing the electron-emitting portion 1105 with that before activation processing, the emission current at the same application voltage has become, typically 100 times or greater.

[0105] Specifically, activation is made by periodically applying a voltage pulse in  $10^{-4}$  or  $10^{-5}$  [Torr] vacuum atmosphere, to accumulate carbon or carbon compound mainly derived from organic compound(s) existing in the vacuum atmosphere. The accumulated material 1113 is any of graphite monocrystalline, graphite polycrystalline, amorphous carbon or mixture thereof. The thickness of the accumulated material 1113 is 500 [angstroms] or less, more preferably, 300 [angstroms] or less.

[0106] The electrification method will be described in more detail with reference to FIG. 12(a) showing an example of waveform of appropriate voltage applied from the activation power source 1112. In this embodiment, activation processing is performed by periodically applying a rectangular wave at a predetermined voltage. A rectangular-

wave voltage  $V_{ac}$  is set to 14 [V]; a pulse width  $T_3$ , to 1 [msec]; and a pulse interval  $T_4$ , to 10 [msec].

[0107] Note that the above electrification conditions are preferable for the surface-conduction emission type electron-emitting device of this embodiment. In the case in which the design of the surface-conduction emission type electron-emitting device is changed, the electrification conditions are preferably changed in accordance with the change of device design.

[0108] In FIG. 10(d), reference numeral 1114 denotes an anode electrode, connected to a DC high-voltage power source 1115 and galvanometer 1116, for capturing emission current  $I_e$  emitted from the surface-conduction emission type electron-emitting device.

[0109] Note that in the case in which the substrate 1101 is incorporated into the display panel before activation processing, the fluorescent surface of the display panel is used as the anode electrode 1114.

[0110] While applying voltage from the activation power source 1112, the galvanometer 1116 measures the emission current  $I_e$ , thus monitors the progress of activation processing, to control the operation of the activation power source 1112. FIG. 12(b) shows an example of the emission current  $I_e$  measured by the galvanometer 1116. As application of pulse voltage from the activation power

source 1112 is started in this manner, the emission current  $I_e$  increases with elapse of time, gradually comes into saturation, and almost never increases then. At the substantial saturation point, the voltage application from the activation power source 1112 is stopped, then activation processing is terminated.

[0111] Note that the above electrification conditions are preferable to the surface-conduction emission type electron-emitting device of this embodiment. In case of changing the design of the surface-conduction emission type electron-emitting device, the conditions are preferably changed in accordance with the change of device design.

[0112] As described above, the surface-conduction emission type electron-emitting device as shown in FIG. 10(e) is manufactured. (Step Surface-Conduction Emission Type Electron-Emitting Device) Next, another typical structure of the surface-conduction emission type electron-emitting device where an electron-emitting portion or its peripheral portion is formed of a fine particle film, i.e., a stepped surface-conduction emission type electron-emitting device will be described.

[0113] FIG. 13 is a sectional view schematically showing the basic construction of the step surface-conduction emission type electron-emitting device. Referring to FIG. 13, reference numeral 1201 denotes a substrate; 1202 and

1203, device electrodes; 1206, a step-forming member for making height difference between the electrodes 1202 and 1203; 1204, a conductive thin film using a fine particle film; 1205, an electron-emitting portion formed by forming processing; and 1213, a thin film formed by activation processing.

[0114] Difference between the step device from the above-described flat device is that one of the device electrodes (1202) is provided on the step-forming member 1206 and the conductive thin film 1204 covers the side surface of the step-forming member 1206.

[0115] Accordingly, the device interval L of the flat surface type in FIG. 9(a) is set as a height difference  $L_s$  corresponding to the height of the step-forming member 1206.

[0116] Note that the substrate 1201, device electrodes 1202 and 1203, conductive thin film 1204 using the fine particle film can comprise the materials given in the explanation of the flat surface-conduction emission type electron-emitting device. Further, the step-forming member 1206 comprises electrically insulating material such as  $\text{SiO}_2$ .

[0117] Next, a method of manufacturing the stepped surface-conduction emission type electron-emitting device will be described. FIGS. 14(a) to 14(f) are sectional views showing the manufacturing processes. In these figures, reference numerals of the respective parts are the same as those in



FIG. 13.

[0118] 1) First, as shown in FIG. 14(a), the device electrode 1203 is formed on the substrate 1201.

[0119] 2) Next, as shown in FIG. 14(b), an insulating layer for forming the step-forming member is deposited. The insulating layer may be formed by accumulating, e.g.,  $\text{SiO}_2$  by a sputtering method, however, the insulating layer may be formed by a film-forming method such as a vacuum evaporation method or a printing method.

[0120] 3) Next, as shown in FIG. 14(c), the device electrode 1202 is formed on the insulating layer.

[0121] 4) Next, as shown in FIG. 14(d), part of the insulating layer is removed by using, e.g., an etching method, to expose the device electrode 1203.

[0122] 5) Next, as shown in FIG. 14(e), the conductive thin film 1204 using the fine particle film is formed. Upon formation, similar to the above-described flat device structure, a film-forming technique such as an applying method is used.

[0123] 6) Next, similar to the flat device structure, forming processing is performed to form an electron-emitting portion. (Forming processing similar to that explained using FIG. 10(c) may be performed.) 7) Next, similar to the flat device structure, activation processing is performed to deposit carbon or carbon compound around the electron-

emitting portion. (Activation Processing Similar to that Explained using FIG. 10(d) may be Performed) As described above, the stepped surface-conduction emission type electron-emitting device shown in FIG. 14(f) is manufactured.

[0124]

(Characteristic of Surface-Conduction Emission Type Electron-Emitting Device Used in Display Apparatus) The structure and manufacturing method of the flat surface-conduction emission type electron-emitting device and those of the stepped surface-conduction emission type electron-emitting device are as described above. Next, the characteristic of the electron-emitting device used in the display apparatus will be described below.

[0125] FIG. 15 shows a typical example of (emission current  $I_e$ ) to (device application voltage  $V_f$ ) characteristic and (device current  $I_f$ ) to (device application voltage  $V_f$ ) characteristic of the device used in the display apparatus.

[0126] Note that compared with the device current  $I_f$ , the emission current  $I_e$  is very small, therefore it is difficult to illustrate the emission current  $I_e$  by the same measure of that for the device current  $I_f$ . In addition, these characteristics change due to change of designing parameters such as the size or shape of the device. For these reasons, two lines in the graph of FIG. 15 are respectively given in arbitrary units.

[0127] Regarding the emission current  $I_e$ , the device used in the display apparatus has three characteristics as follows:

[0128] First, when voltage of a predetermined level (referred to as "threshold voltage  $V_{th}$ ") or greater is applied to the device, the emission current  $I_e$  drastically increases, however, with voltage lower than the threshold voltage  $V_{th}$ , almost no emission current  $I_e$  is detected.

[0129] That is, regarding the emission current  $I_e$ , the device has a nonlinear characteristic based on the clear threshold voltage  $V_{th}$ .

[0130] Second, the emission current  $I_e$  changes in dependence upon the device application voltage  $V_f$ . Accordingly, the emission current  $I_e$  can be controlled by changing the device voltage  $V_f$ .

[0131] Third, the current  $I_e$  is output quickly in response to application of the device voltage  $V_f$  to the device. Accordingly, an electrical charge amount of electrons to be emitted from the device can be controlled by changing period of application of the device voltage  $V_f$ .

[0132] The surface-conduction emission type electron-emitting device with the above three characteristics is preferably applied to the display apparatus. For example, in a display apparatus having a large number of devices provided corresponding to the number of pixels of a display

screen, if the first characteristic is utilized, display by sequential scanning of display screen is possible. This means that the threshold voltage  $V_{th}$  or greater is appropriately applied to a driven device in accordance with a desired emission luminance, while voltage lower than the threshold voltage  $V_{th}$  is applied to an unselected device. In this manner, sequentially changing the driven devices enables display by sequential scanning of display screen.

[0133] Further, emission luminance can be controlled by utilizing the second or third characteristic, which enables multi-gradation display. (Structure of Multi Electron Source With Many Devices Arranged in Simple Matrix) Next, the structure of the multi electron source having the above-described surface-conduction emission type electron-emitting devices arranged on the substrate in a simple matrix will be described below.

[0134] FIG. 16 is a plan view of the multi electron source used in the display panel 1 in FIG. 8. There are surface-conduction emission type electron-emitting devices like the one shown in FIGS. 9(a) and 9(b) on the substrate. These devices are arranged in a simple matrix with the row- and column-direction wirings 1003 and 1004. At an intersection of the row- and column-direction wirings 1003 and 1004, an insulating layer (not shown) is formed between the wires, to maintain electrical insulation.

[0135] FIG. 17 shows a section taken along the line A-A' in FIG. 16.

[0136] Note that a multi electron source having such a structure is manufactured by forming the row- and column-direction wirings 1003 and 1004, the inter-electrode insulating layers (not shown), and the device electrodes and conductive thin films of the surface-conduction emission type electron-emitting devices on the substrate, then supplying electricity to the respective devices via the row- and column-direction wirings 1003 and 1004, thus performing forming processing and activation processing.

[0137] Further, in the embodiment according to the present invention, the R, G, B fluorescent substances are located over the two rows, the electron-emitting device corresponding to one pixel must be driven to emit electrons from two rows of simple matrix wirings.

[0138] Finally, assembly of the spacers, the face plat, and the rear plate (or device substrate) will be explained using FIGS. 6, 7, and 18.

[0139] In the embodiment, a glass bar composed of soda-lime glass and having a diameter of 300  $\mu\text{m}\phi$  and a length of 4 mm is sued as the material of the spacers 901.

[0140] First, after the spacer member is set to an appropriate jig so that it stands at a desired position and is joined, a flat glass is applied to an abutment portion

902 where the spacer member is abutted against the face plate 1011 (composed of the glass 1007, the fluorescent film 1008, and the metal back 1009) and baked at 400 to 500°C in a state in which the face plate is aligned with the respective spacers by the jig, and the spacers 901 are fixed to the face plate 1011.

[0141] Thereafter, the flint glass is applied to the portion where the face plate 1011 is joined to the rear plate 1005 through the support frame 1006 and baked, thereby a vacuum container is completed.

[0142] In the above operation, it is not necessary for the spacers 901 to be abutted against all the non-emitting portions of the pixels and may be disposed at a pitch which provides the container with a strength for enabling the container to endure atmospheric pressure. Accordingly, there may be a case in which the spacers 901 are not abutted against some of the non-emitting portions in the pixels as shown in, for example, FIG. 18. However, it is essential that the non-emitting portions equally exist in the respective pixels to maintain the continuity of a displayed image (that is, the non-emitting portions are inconspicuous on a screen).

[0143] Note that the baking temperature and crystallinity of the flint glass must be selected so that the spacers having been positioned are not moved when the support frame

1006 is baked. Further, it is needless to say that the height of the support frame 1006 must be matched to the height of the spacers 901.

[0144] As described above, the spacers 901 having been positioned comes into contact with the device substrate at, for example, a position shown by a dotted circle shown in FIG. 16 on the device substrate.

[0145] As described above, according to the first embodiment of the present invention, the spacers can be very easily aligned in the flat type image display apparatus having the spacers as compared with the conventional flat type image display apparatus. Further, there can be obtained the image display apparatus having high brightness because reduction of the ratio of the fluorescent substance area to the image display surface is minimized while maintaining an advantage that the portions where the spacers are joined to the image display surface are inconspicuous.

[0146] Note that the disposition of the R, G, B fluorescent substances is not limited to that shown in FIGS. 6 and 7, and even if the positions thereof are changed according to a purpose, the advantage of the present invention can be obtained likewise.

[0147] [Second Embodiment] Next, a second embodiment of the present invention will be described.

[0148] While description of the arrangement of an overall

image display apparatus is omitted because it is the same as that of the first embodiment, flat surface-conduction emission type electron-emitting devices are used as electron-emitting devices in the embodiment.

[0149] In the flat surface-conduction emission type electron-emitting device, the electrons emitted from the device are deflected toward the positive pole of a device electrode until they reach a fluorescent surface 1114 as briefly shown in FIG. 10(d).

[0150] A reason why the electrons are deflected is not sufficiently found because a mechanism for emitting electrons from the surface-conduction emission type electron-emitting device is not apparent. However, the inventors have contemplated that the electrons emitted from the device are subjected to a deflecting action by a potential difference between device electrodes in the vicinity of the electron-emitting portion just after they are emitted so that the positions of the electrons are displaced from just above the electron-emitting portion toward the positive pole of the device electrode.

[0151] This embodiment has been achieved for the purpose of increasing the allowance for positional displacement of spacers when they are disposed and for increasing the strength of spacers by increasing the sectional areas of the spacers making use of the above property.



[0152] The embodiment will be specifically explained using figures.

[0153] The image display surface of the embodiment is arranged as shown in FIGS. 6 and 7 similarly the first embodiment.

[0154] In this embodiment, however, a voltage is applied along a row direction to the electron-emitting devices, which irradiate electrons to the fluorescent substances adjacent to each other in the row direction across the non-emitting portions against which the spacers are abutted of the non-emitting portions in the pixels shown in FIGS. 6 and 7 (this is similar also in the first embodiment) as well as the direction in which the voltage is applied is inverted at least on both the sides of the portions where the spacers are abutted so that the directions in which the voltage is applied face each other across the spacer abutting portions in the row direction.

[0155] The non-emitting portions in the pixels located at portions other than the spacer abutting portions are utilized by the devices to which the voltage is applied in the inverted direction. In this embodiment, since the non-emitting portions preexist as constituents in the pixels, it is not difficult to invert the direction in which the voltage is applied on both the sides of the spacer abutting portions in the manufacture of the image display apparatus.

[0156] FIG. 19 is a view corresponding to FIG. 16 of the first embodiment and also shows the pixels corresponding to the electron-emitting devices.

[0157] In FIG. 19, S denotes a non-emitting portion to which a spacer is joined in abutment therewith, and S' shows a non-emitting portion against which no spacer is abutted. G denotes positions of green fluorescent substances.

[0158] As can be found from FIG. 19, the direction in which the voltage is applied to the device (the direction to a positive electrode is referred to as a positive direction) is inverted on at least both the sides of the spacer abutting portion so that the voltage is directed to the spacer abutting portion. Accordingly, in FIG. 19, the devices are wired such that the direction in which the voltage is applied is inverted in the devices corresponding to the lower portions of the non-emitting portions S' which are not the spacer abutting portions.

[0159] When FIG. 16 is compared with FIG. 19, since devices are formed every one column in the row of devices corresponding to the row in which the non-emitting portions preexist in the pixels, the row direction in which the voltage is applied can be inverted only by changing the disposition of the devices in the column direction from the continuation of device/vacancy to the continuation of device, device/vacancy, vacancy. Specifically, a positive voltage

is applied to the wirings of the column direction, and the connection of the column direction wirings to the electrodes of the devices is inverted in an X-direction (= row direction) (FIG. 19).

[0160] According to the embodiment, an allowance for disposition, which is larger than that of the first embodiment, can be made in the device portion under the spacer abutting portion S as shown by T surrounded by a dotted line in FIG. 19. An allowance for positional alignment can be increased by the above arrangement, thereby the apparatus can be manufactured more easily.

[0161] Further, even if a sufficient allowance for positional alignment, which is as large as that of the first embodiment, is provided, the sectional areas of the spacers 901 on the device substrate side can be increased as shown in FIG. 20.

[0162] In FIG. 20, spacers having a lateral section formed in a trapezoid are used as the spacers 901. In this case, since the number of the spacers can be reduced, the apparatus can be manufactured easily.

[0163] When the number of the spacers is unchanged, the strength of the apparatus can be increased, which enables the thickness of the face plate and the rear plate to be reduced, thereby the weight of the apparatus can be reduced.

[0164] In the embodiment, an amount of deflection of a

electron beam until it reaches the fluorescent substances (D in FIG. 20) is changed according to a voltage applied to the devices, a voltage applied to the fluorescent substances, the distance H between the devices and the fluorescent substances, and the like. Therefore, the apparatus of the embodiment can be manufactured in accordance with a desired pitch (row direction) of the fluorescent substances by variably setting the above parameters according to the pitch of the fluorescent substances, and the like.

[0165] The pixels of the second embodiment have the same shape as that of the pixels of the first embodiment. The disposition of the R, G, B fluorescent substances in each pixel is not limited to that shown in FIGS. 6 and 7, and the same advantage can be obtained even if the fluorescent substances are disposed differently.

[0166] [Third Embodiment] FIG. 21 shows an image display surface of an image display apparatus of a third embodiment of the present invention.

[0167] The arrangement of the overall apparatus and the manufacturing method thereof are not explained because they are the same as those of the first embodiment.

[0168] In the embodiment, a pixel train in a Y-direction ( $Y1 - Y1'$ ) obliquely intersects a row ( $X - X'$ ).

[0169] Also in this embodiment, each pixel, which is composed of R, G, B fluorescent substances and an emitting

portion having the same shape as that of the fluorescent substances, is disposed in two rows and two columns similarly to the first embodiment.

[0170] However, electron-emitting devices must be formed such that they are displaced half pitch every row different from the case in which a row intersects a column.

[0171] This embodiment has the same advantage as that of the embodiments described above because the rows where non-emitting portions exist are arranged similarly to those of the embodiments described above.

[0172] Further, in this embodiment, the direction dependency of a displayed image is made more inconspicuous, and thus uniform resolution can be obtained because the three primary color fluorescent substances are disposed in a delta state. As a result, an image display apparatus capable of displaying a sharp image can be obtained.

[0173] [Fourth Embodiment] FIG. 22 shows an image display surface of an image display apparatus of a fourth embodiment of the present invention. The arrangement of the overall apparatus and the manufacturing method thereof are not explained because they are the same as those of the first embodiment.

[0174] In this embodiment, the non-emitting portion in a pixel is composed of a member having a reflectance similar to that the fluorescent substances in place of that it is

composed of a black member similar to that used in a black stripe.

[0175] Specifically, the non-emitting portions are formed by a print method using gray ceramic or the like that has a particle size similar to that of the fluorescent substances (about 10  $\mu\text{m}$ ) and is mixed with a print binder similarly to the fluorescent substances.

[0176] This embodiment has the same advantage as that of the embodiments described above because the arrangement of the pixels in which the non-emitting portions exist is the same as those of the embodiments described above.

[0177] Further, since the non-emitting portions have an external light reflectance similar to that of the fluorescent substances, this embodiment has an advantage that the non-emitting portions are more inconspicuous than those of the embodiments described above.

[0178] Since a contrast can be improved by decreasing the external light reflectance, it is ordinarily preferable to form the non-emitting portions of a black member. When, however, the fluorescent substances have sufficient brightness, the contrast can be improved by decreasing the external light reflectance by reducing the transmittance of a face plate glass. Accordingly, an image display apparatus having higher display quality can be obtained by appropriately using the embodiment in accordance with the

application purpose of the apparatus.

[0179] FIG. 23 is a block diagram showing an example of a multi-functional display apparatus capable of displaying image information provided from various image information sources such as television broadcasting on the display panel using the surface-conduction emission type electron-emitting device described above as an electron-beam source. In FIG. 23, reference numeral 2100 denotes the above-mentioned display panel; 2101, a driving circuit for the display panel; 2102, a display controller; 2103, a multiplexer; 2104, a decoder; 2105, an I/O interface circuit; 2106, a CPU; 2107, an image generation circuit; 2108, 2109, and 2110, image memory interface circuits; 2111, an image input interface circuit, 2112 and 2113, TV signal reception circuits; and 2114, an input portion.

[0180] Note that in the display apparatus, upon reception of a signal containing both video information and audio information such as a TV signal, the video information is displayed while the audio information is reproduced. A description of a circuit or speaker for reception, division, reproduction, processing, storage, or the like of the audio information, which is not directly related to the features of the present invention, will be omitted.

[0181] The functions of the respective parts will be explained in accordance with the flow of an image signal.

[0182] The TV signal reception circuit 2113 receives a TV image signal transmitted using a radio transmission system such as radio waves or spatial optical communication. The scheme of the TV signal to be received is not particularly limited, and is the NTSC scheme, the PAL scheme, the SECAM scheme, or the like. A more preferable signal source to take the advantages of the display panel realizing a large area and a large number of pixels is a TV signal (e.g., a so-called high-quality TV of the MUSE scheme or the like) made up of a larger number of scanning lines than that of the TV signal of the above scheme. The TV signal received by the TV signal reception circuit 2113 is output to the decoder 2104.

[0183] The TV signal reception circuit 2112 receives a TV image signal transmitted using a wire transmission system such as a coaxial cable or optical fiber. The scheme of the TV signal to be received is not particularly limited, as in the TV signal reception circuit 2113. The TV signal received by the circuit 2112 is also output to the decoder 2104.

[0184] The image input interface circuit 2111 receives an image signal supplied from an image input device such as a TV camera or image read scanner, and outputs it to the decoder 2104.

[0185] The image memory interface circuit 2110 receives an



image signal stored in a video tape recorder (to be briefly referred to as a VTR hereinafter), and outputs it to the decoder 2104.

[0186] The image memory interface circuit 2109 receives an image signal stored in a video disk, and outputs it to the decoder 2104.

[0187] The image memory interface circuit 2108 receives an image signal from a device storing still image data such as a so-called still image disk, and outputs the received still image data to the decoder 2104.

[0188] The I/O interface circuit 2105 connects the display apparatus to an external computer, computer network, or output device such as a printer. The I/O interface circuit 2105 allows inputting/outputting image data, character data, and graphic information, and in some cases inputting/outputting a control signal and numerical data between the CPU 2106 of the display apparatus and an external device.

[0189] The image generation circuit 2107 generates display image data on the basis of image data or character/graphic information externally input via the I/O interface circuit 2105, or image data or character/graphic information output from the CPU 2106.

[0190] This circuit 2107 incorporates circuits necessary to generate images such as a programmable memory for storing image data and character/graphic information, a read-only

memory storing image patterns corresponding to character codes, and a processor for performing image processing. Display image data generated by the circuit 2107 is output to the decoder 2104. In some cases, display image data can also be input/output from/to an external computer network or printer via the I/O interface circuit 2105.

[0191] The CPU 2106 mainly performs control of operation of this display apparatus, and operations about generation, selection, and editing of display images.

[0192] For example, the CPU 2106 outputs a control signal to the multiplexer 2103 to properly select or combine image signals to be displayed on the display panel. At this time, the CPU 2106 generates a control signal to the display panel controller 2102 in accordance with image signals to be displayed, and appropriately controls the operation of the display apparatus in terms of the screen display frequency, the scanning method (e.g., interlaced or non-interlaced scanning), the number of scanning lines for one frame, and the like.

[0193] The CPU 2106 directly outputs image data or character/graphic information to the image generation circuit 2107. In addition, the CPU 2106 accesses an external computer or memory via the I/O interface circuit 2105 to input image data or character/graphic information.

[0194] The CPU 2106 may also be concerned with operations

for other purposes. For example, the CPU 2106 can be directly concerned with the function of generating and processing information, like a personal computer or wordprocessor.

[0195] Alternatively, the CPU 2106 may be connected to an external computer network via the I/O interface circuit 2105 to perform operations such as numerical calculation in cooperation with the external device.

[0196] The input portion 2114 allows the user to input an instruction, program, or data to the CPU 2106. As the input portion 2114, various input devices such as a joystick, bar code reader, and speech recognition device are available in addition to a keyboard and mouse.

[0197] The decoder 2104 inversely converts various image signals input from the circuits 2107 to 2113 into three primary color signals, or a luminance signal and I and Q signals. As is indicated by the dotted line in FIG. 23, the decoder 2104 desirably incorporates an image memory in order to process a TV signal of the MUSE scheme or the like which requires an image memory in inverse conversion. This image memory advantageously facilitates display of a still image, or image processing and editing such as thinning, interpolation, enlargement, reduction, and synthesis of images in cooperation with the image generation circuit 2107 and CPU 2106.

[0198] The multiplexer 2103 appropriately selects a display image on the basis of a control signal input from the CPU 2106. More specifically, the multiplexer 2103 selects a desired one of the inversely converted image signals input from the decoder 2104, and outputs the selected image signal to the driving circuit 2101. In this case, the image signals can be selectively switched within a 1-frame display time to display different images in a plurality of areas of one frame, like a so-called multiwindow television.

[0199] The display panel controller 2102 controls the operation of the driving circuit 2101 on the basis of a control signal input from the CPU 2106.

[0200] As for the basic operation of the display panel, the display panel controller 2102 outputs, e.g., a signal for controlling the operation sequence of a driving power source (not shown) of the display panel to the driving circuit 2101. As for the method of driving the display panel, the display panel controller 2102 outputs, e.g., a signal for controlling the screen display frequency or scanning method (e.g., interlaced or non-interlaced scanning) to the driving circuit 2101.

[0201] In some cases, the display panel controller 2102 outputs to the driving circuit 2101 a control signal concerning adjustment of the image quality such as the brightness, contrast, color tone, or sharpness of a display

image.

[0202] The driving circuit 2101 generates a driving signal to be applied to the display panel 2100, and operates based on an image signal input from the multiplexer 2103 and a control signal input from the display panel controller 2102.

[0203] The functions of the respective parts have been described. The arrangement of the display apparatus shown in FIG. 23 makes it possible to display image information input from various image information sources on the display panel 2100.

[0204] More specifically, various image signals such as television broadcasting image signals are inversely converted by the decoder 2104, appropriately selected by the multiplexer 2103, and supplied to the driving circuit 2101. On the other hand, the display controller 2102 generates a control signal for controlling operation of the driving circuit 2101 in accordance with an image signal to be displayed. The driving circuit 2101 applies a driving signal to the display panel 2100 on the basis of the image signal and control signal. As a result, the image is displayed on the display panel 2100. A series of operations are systematically controlled by the CPU 2106.

[0205] In the display apparatus, the image memory incorporated in the decoder 2104, the image generation circuit 2107, and the CPU 2106 can cooperate with each other

to simply display selected ones of a plurality of pieces of image information and to perform, for the image information to be displayed, image processing such as enlargement, reduction, rotation, movement, edge emphasis, thinning, interpolation, color conversion, and conversion of the aspect ratio of an image, and image editing such as synthesis, erasure, connection, exchange, and pasting.

[0206] Although not described in this embodiment, an audio circuit for processing and editing audio information may be arranged, similar to the image processing and the image editing.

[0207] The display apparatus can therefore function as a display device for television broadcasting, a terminal device for video conferences, an image editing device for processing still and dynamic images, a terminal device for a computer, an office terminal device such as a wordprocessor, a game device, and the like. This display apparatus is useful for industrial and business purposes and can be variously applied.

[0208] FIG. 23 merely shows an example of the arrangement of the display apparatus using the display panel having the surface-conduction emission type electron-emitting device as an electron beam source. The present invention is not limited to this, as a matter of course. For example, among the constituents in FIG. 23, a circuit associated with a

function unnecessary for the application purpose can be eliminated from the display apparatus.

[0209] To the contrary, another constituent can be added to the display apparatus in accordance with the application purpose. For example, when the display apparatus is used as a television telephone set, transmission and reception circuits including a television camera, audio microphone, lighting, and modem are preferably added as constituents.

[0210] In the display apparatus, since particularly the display panel using the surface-conduction emission type electron-emitting device as an electron beam source can be easily made thin, the width of the whole display apparatus can be decreased. In addition to this, the display panel using the surface-conduction emission type electron-emitting device as an electron beam source is easily increased in screen size and has a high brightness and a wide view angle. This display apparatus can therefore display an impressive image with reality and high visibility.

[0211] The present invention may be applied to a system constituted by a plurality of devices (e.g., a host computer, interface device, reader, and printer) or an apparatus comprising a single device (e.g., a copying machine or facsimile apparatus).

[0212] As described above, according to the embodiment of the present invention, in the image display apparatus

including at least an electron source that includes a plurality of cold cathode electron-emitting devices disposed on a substrate, a face plate disposed in confrontation with the substrate on which the electron source is formed and having a color image display surface that includes R, G, B three primary color fluorescent substances applied onto the inner surface thereof to form an image by emitting light when they are irradiated with the electrons emitted from the plurality of cold cathode electron-emitting devices, and a plurality of spacers for keeping the interval between the substrate on which the electron source is formed and the face plate at a predetermined distance, the plurality of fluorescent substances, which are partitioned in respective colors, are disposed such that the columns of the fluorescent substances intersect or obliquely intersect the rows of the fluorescent substances disposed along the horizontal direction of the image display surface in a grid pattern as well as four units of components, i.e., R, G, B fluorescent substances and a non-emitting portion, which has the same shape as that of the fluorescent substances, are disposed as one set in each of adjacent two rows and two columns of the fluorescent substances disposed in the rows and columns of the fluorescent substances intersecting or obliquely intersecting each other so that the R, G, B fluorescent substances and the non-emitting portion



constitute a minimum unit of a pixel for displaying an color image, and the image display surface is composed of a multiplicity of the pixels disposed continuously. Further, the spacers are abutted against the face plate at the non-emitting portions in the pixels, and a voltage is applied to the electron-emitting devices, which irradiate electrons to the fluorescent substances adjacent to each other in the row direction across the non-emitting portions against which the spacers are abutted of the non-emitting portions in the pixels in such a manner that the direction in which the voltage is applied is inverted at least on both the sides of the portions where the spacers are abutted so that the directions in which the voltage is applied face each other across the spacer abutting portions in the row direction. Accordingly, a spacer alignment allowance can be increased in the flat type image display apparatus that requires the spacers, from which an advantage can be obtained in that the image display apparatus can be easily manufactured.

[0213] Further, since the spacer abutting portions can be disposed inconspicuously, there can be obtained an advantage that the image display apparatus having high display quality can be obtained.

[0214] Further, it is not necessary to reduce the areas of the fluorescent substances even if a sufficient allowance is

provided when the spacer abutting portions are aligned, thereby an advantage can be obtained in that the brightness of the image display apparatus is increased.

[0215]

[Advantages] As described above, according to the present invention, the electron-emitting devices can be mounted very densely on the flat type image display apparatus having the spacers at low cost, and the image display apparatus can display an image of high quality.

[0216]

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] FIG. 1 is a sectional view of a flat image display apparatus using conventional cold cathode devices.

[FIG. 2] FIG. 2 is a view showing a fluorescent surface of the flat image display apparatus using the conventional cold cathode devices.

[FIG. 3] FIG. 3 is a view showing a fluorescent surface for disposing spacers of the flat image display apparatus using the conventional cold cathode devices.

[FIG. 4] FIG. 4 is a view showing a method of joining conventional spacers to the inner surface of a face plate.

[FIG. 5] FIG. 5 is a view showing an example of a conventional surface-conduction emission type electron-emitting device.

[FIG. 6] FIG. 6 is an enlarged view of an image display

surface showing pixels of an image display apparatus of a first embodiment of the present invention.

[FIG. 7] FIG. 7 is a view showing the image display surface of the image display apparatus of the first embodiment of the present invention.

[FIG. 8] FIG. 8 is a partially cutaway outer perspective view of the display panel of the image display apparatus as the first embodiment of the present invention.

[FIG. 9] FIG. 9(a) is a plan view of a flat surface-conduction emission type electron-emitting device used in the first embodiment, and FIG. 9(b) is a sectional view thereof.

[FIG. 10] FIG. 10 is a sectional view showing manufacturing processes of the flat surface-conduction emission type electron-emitting device.

[FIG. 11] FIG. 11 is a view showing the waveform of a voltage applied in forming processing.

[FIG. 12] FIG. 12(a) is a view showing the waveform of voltage applied in activation processing, and FIG. 12(b) is a view showing the change of a current  $I_e$  discharged in the activation processing.

[FIG. 13] FIG. 13 is a sectional view showing a step surface-conduction emission type electron-emitting device used in the first embodiment.

[FIG. 14] FIG. 14 is a sectional view showing manufacturing

processes of the step surface-conduction emission type electron-emitting device.

[FIG. 15] FIG. 15 is a graph showing the typical characteristics of the surface-conduction emission type electron-emitting device used in the first embodiment.

[FIG. 16] FIG. 16 is a plan view showing a substrate of a multi electron source used in the first embodiment.

[FIG. 17] FIG. 17 is a partial sectional view of the substrate of the multi electron source used in the first embodiment.

[FIG. 18] FIG. 18 is a sectional view of the image display apparatus of the first embodiment of the present invention.

[FIG. 19] FIG. 19 is a view explaining the correspondence between the electron-emitting devices and the image display surface of an image display apparatus of a second embodiment of the present invention.

[FIG. 20] FIG. 20 is a sectional view of the image display apparatus of the second embodiment of the present invention.

[FIG. 21] FIG. 21 is a view showing an image display surface of an image display apparatus of a third embodiment of the present invention.

[FIG. 22] FIG. 22 is a view showing an image display surface of an image display apparatus of a fourth embodiment of the present invention.

[FIG. 23] FIG. 23 is a block diagram showing a multi

function image display apparatus using an image display apparatus as an embodiment of the present invention.

FIG. 6

R: RED FLUORESCENT SUBSTANCE

G: GREEN FLUORESCENT SUBSTANCE

B: BLUE FLUORESCENT SUBSTANCE

FIG. 11

A) Forming power supply

B) Output voltage

C) Time

FIG. 12

(a)

A) Activation power supply

B) Output voltage

C) Time

(b)

A) Emitted current

B) Completion of energization activation

C) Time

FIG. 15

Device current  $I_f$

Device voltage  $V_f$

Emitted current  $I_e$

FIG. 16

Spacer portion

FIG. 23

2100/ DISPLAY PANEL

2101/ DRIVING CIRCUIT

2102/ DISPLAY PANEL CONTROLLER

2103/ MULTIPLEXER

2104/ DECODER IMAGE MEMORY

2105/ I/O INTERFACE CIRCUIT

2107/ IMAGE CREATION CIRCUIT

2108/ IMAGE INPUT INTERFACE CIRCUIT

2109/ IMAGE INPUT INTERFACE CIRCUIT

2110/ IMAGE INPUT INTERFACE CIRCUIT

2111/ IMAGE INPUT INTERFACE CIRCUIT

2112/ TV SIGNAL RECEIVING CIRCUIT

2113/ TV SIGNAL RECEIVING CIRCUIT

2114/ INPUT UNIT (KEYBOARD, MOUSE, ETC.)

A) TV SIGNAL (RADIO TRANSMISSION SYSTEM)

B) TV SIGNAL (CABLE TRANSMISSION SYSTEM)

C) IMAGE INPUT DEVICE (TV CAMERA)

D) IMAGE MEMORY (VTR)

E) IMAGE MEMORY (VIDEO DISK)

F) IMAGE MEMORY (STILL IMAGE DISK)

G) COMPUTER NETWORK

H) PRINTER



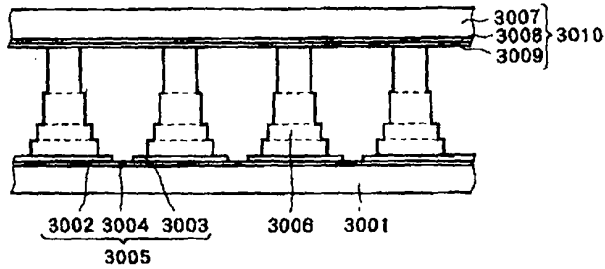
【図20】本発明の第二の実施の形態の画像表示装置の断面図である。

【図21】本発明の第三の実施の形態の画像表示装置の画像表示面の図である。

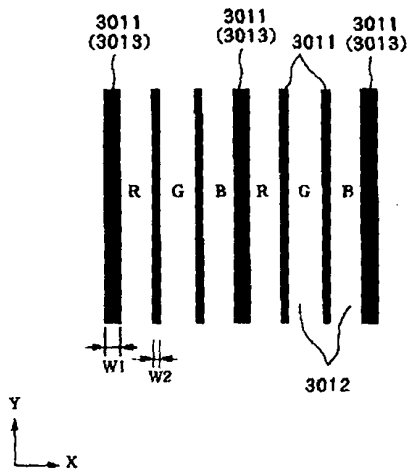
【図22】本発明の第四の実施の形態の画像表示装置の画像表示面の図である。

【図23】本発明の実施の形態である画像表示装置を用いた多機能画像表示装置のブロック図である。

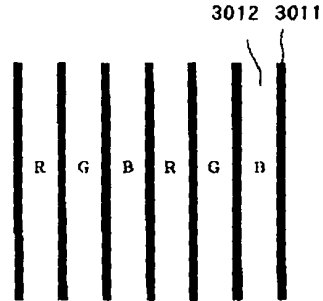
【図1】



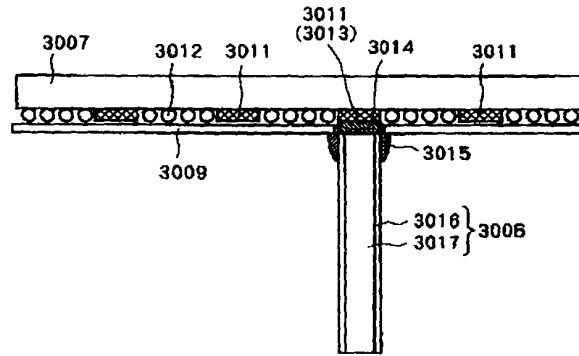
【図3】



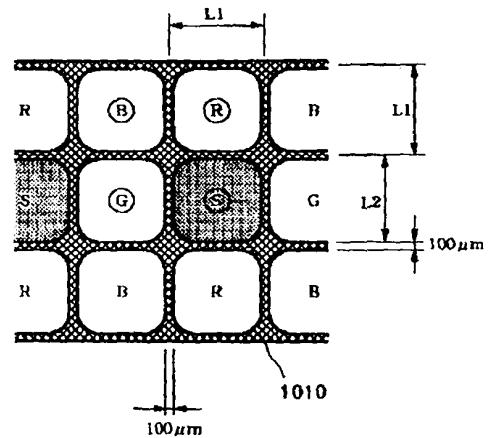
【図2】



【図4】



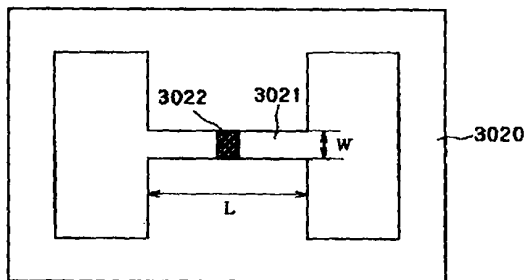
【図6】



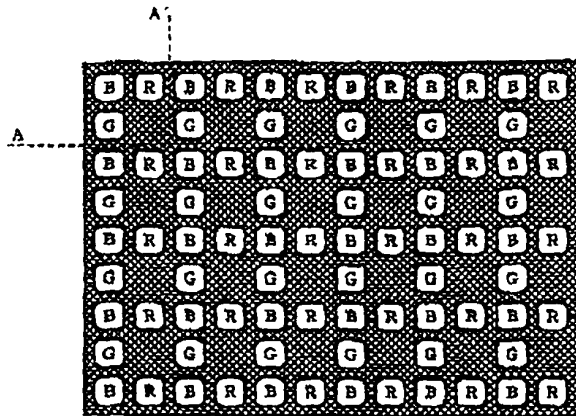
R: 赤色蛍光体  
G: 緑色蛍光体  
B: 青色蛍光体



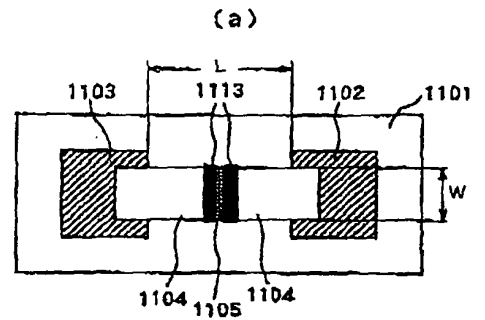
【図5】



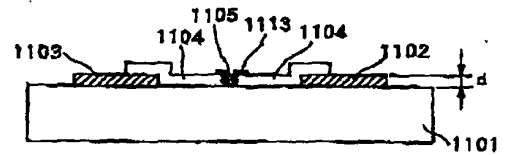
【図7】



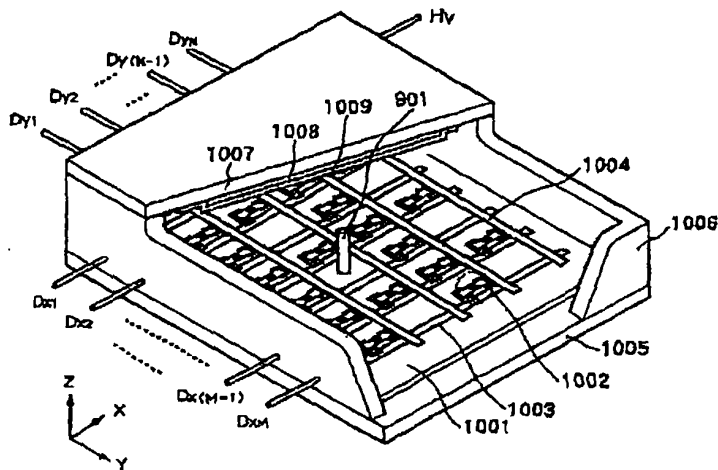
【図9】



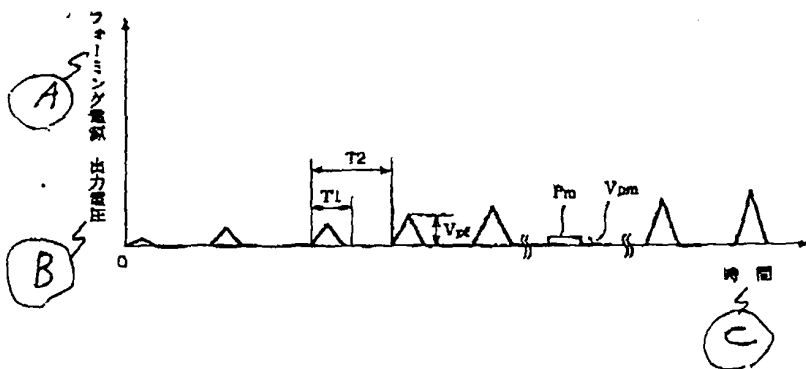
(b)



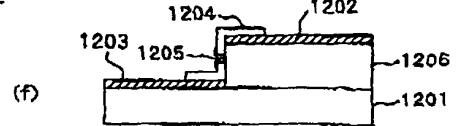
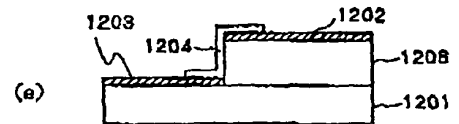
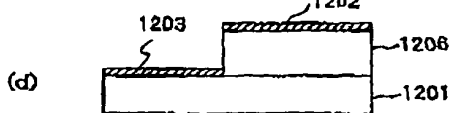
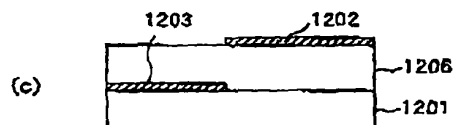
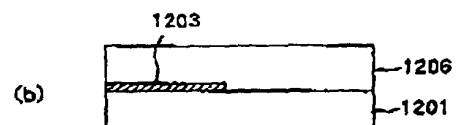
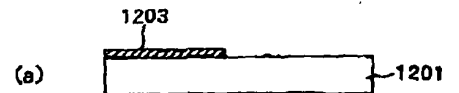
【図8】



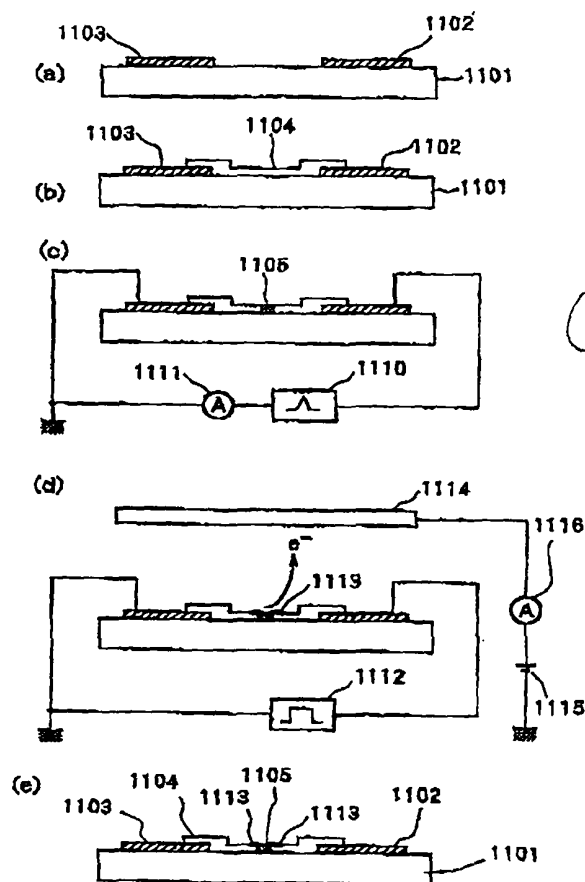
【図11】



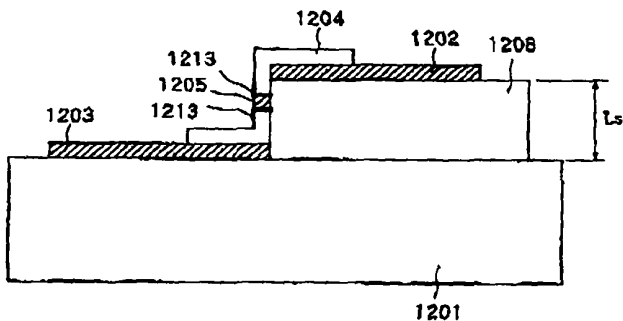
【図14】



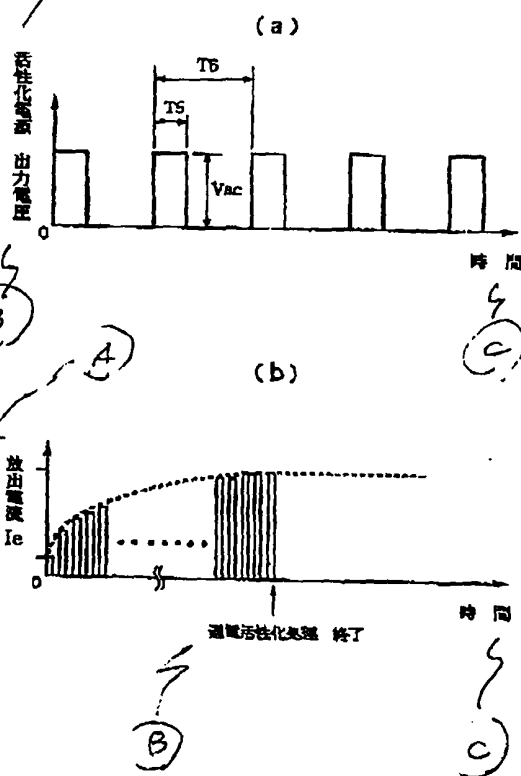
【図10】



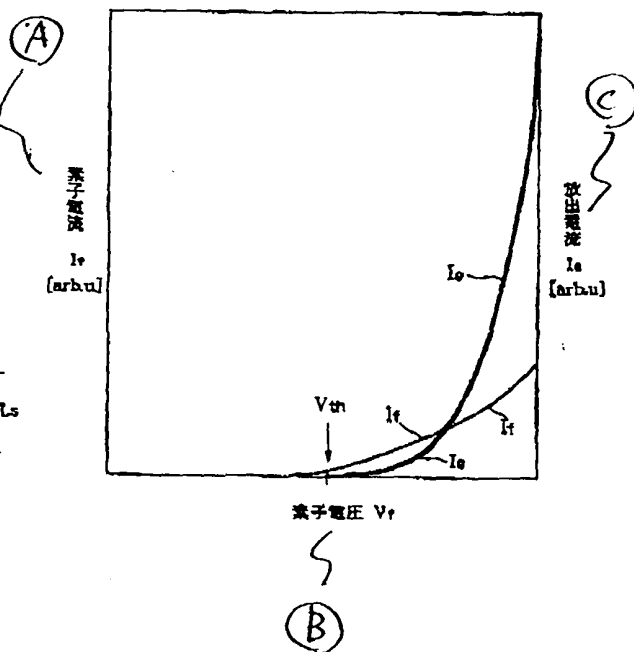
【図13】



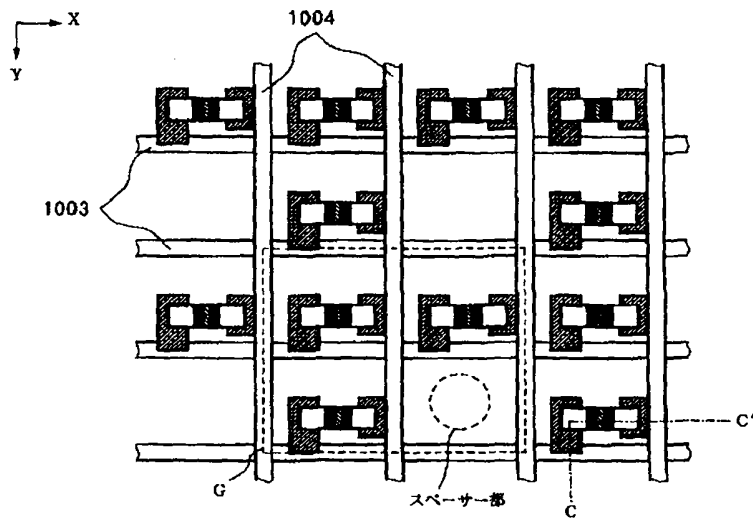
【図12】



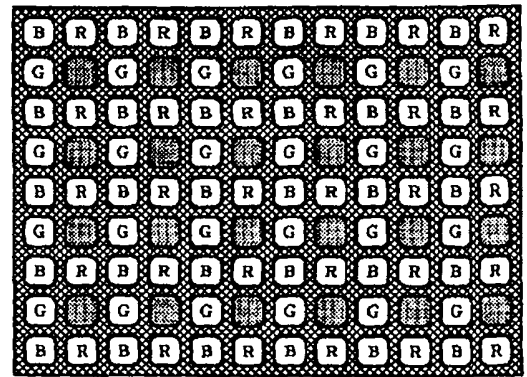
【図15】



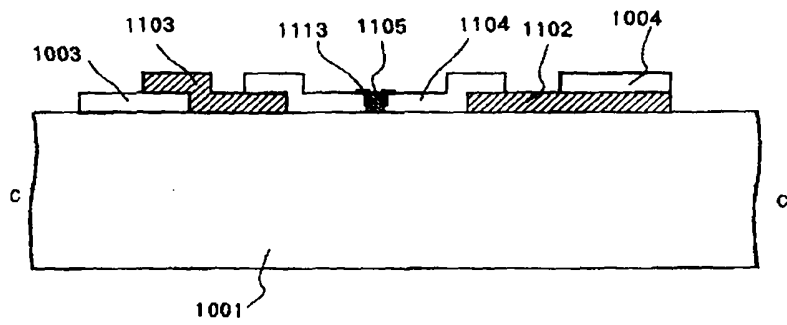
【図16】



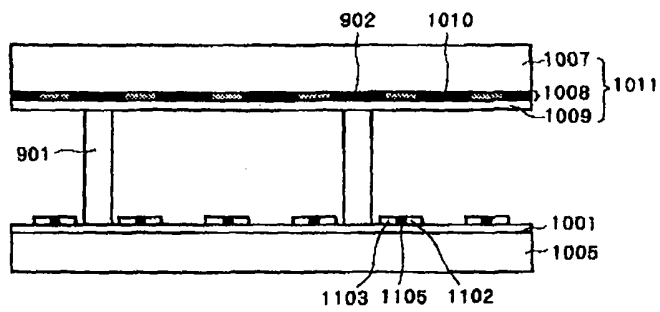
【図22】



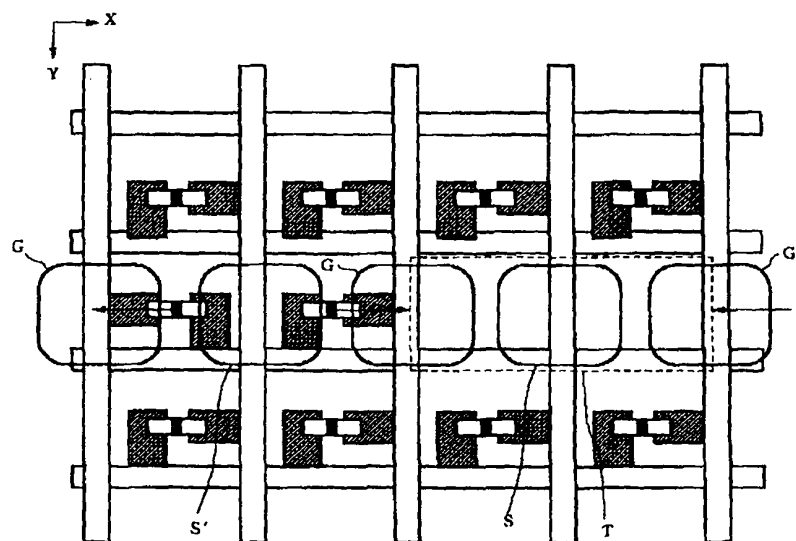
【図17】



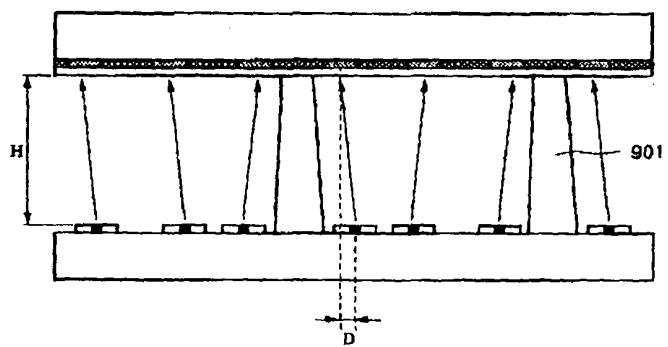
【図18】



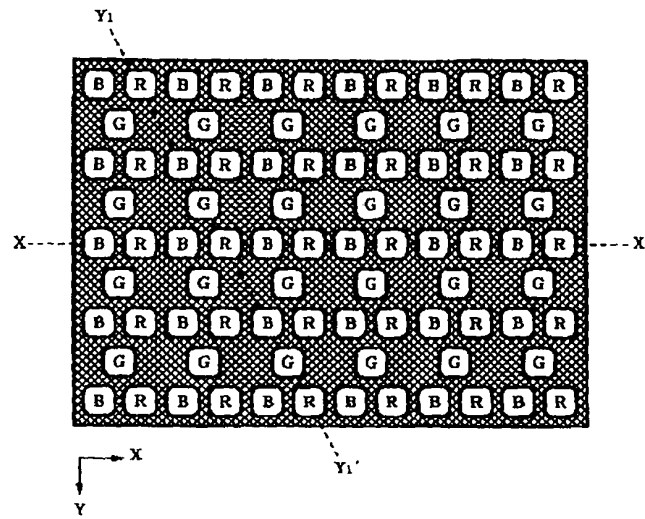
【図19】



【図20】



【図21】



【図23】

